



20 de junio 2010

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Nombre del proyecto de residencia:

***“Automatización de la Cámara Triaxial”***

AREA: INGENIERIA ELECTRONICA

## **(NOMBRE DEL RESIDENTE)**

RASGADO JIMENEZ	22 AÑOS	ING.	NUM. CONTROL	9 SEMESTRE
JONNATHAN		ELECTRONICA	06270069	

Asesores: Dr. Rubén Herrera Galicia  
Departamento de Eléctrica y Electrónica  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

**Reporte final (Residencia).**

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

Una Cámara Triaxial esta forma por el conjunto de instrumentos, mecanismos de compresión y medición para análisis y estudio de muestras de suelo, realizando un esfuerzo triaxial a la muestra. Su objetivo principal es el estudio de la resistencia al corte y de las relaciones esfuerzo-deformación de enrocamiento y otros medios granulares.

Algunas de sus aplicaciones son: Diseño de las siguientes presas de tierra y enrocamiento: El infiernillo, Michoacán. Meca, Canadá. El granero, Chihuahua. Las piedras, Jalisco. La angostura, Chiapas. Chivor, Colombia. Chicoasen, Chiapas.

En este proyecto se pretende llegar a conocer las variables que rigen a una prueba del sistema triaxial, se elaboró un sistema de adquisición de datos. Este sistema es conformado por módulos, el primer módulo es el encargado de recibir la señal directa de lo censado, que a la vez es convertido a digital por medio de un micro controlador, enviando la información recabada al segundo módulo por medio de un dispositivo de radiofrecuencia, en el segundo módulo se encarga de visualizar los datos recibidos y de generar una interfaz USB, para poder recabar la información en una PC, en donde es leída, y almacenada en bases de datos para su interpretación.

## 1 Automatización de una cámara Triaxial

1.1 Introducción-----	5
1.2 Antecedentes-----	5
1.2.1 El suelo como elemento importante de las cimentaciones-----	6
1.2.2 Principales tipos de suelos-----	7
1.2.3 Tipos de pruebas-----	8
1.3 Justificación-----	9
1.4 Objetivos-----	9
1.4.1 Objetivos generales-----	9
1.4.2 Objetivos específicos-----	9
1.5 Planteamiento del problema-----	9
1.6 Hipótesis-----	10
1.7 Análisis de viabilidad-----	10
1.8 Impacto en el entorno-----	11

## 2 Fundamento Teórico

2.1 Cámara Triaxial-----	12
2.1.2 Relación esfuerzo-deformación-----	13
2.2 LVDT-----	16
2.3 Celdas de carga-----	19
2.3.1 Configuración física-----	21
2.3.2 Distintos tipos de celdas de carga-----	22
2.4 Cohesión-----	23
2.5 Angulo de fricción-----	23
2.6 Proceso de automatización de la cámara triaxial-----	25
2.6.1 Análisis del las etapas del sistema-----	26
2.7 Comunicación USB-----	28

## 3 Desarrollo

3.1. Procesos de la prueba Triaxial-----	40
3.2 Ensayo en el laboratorio-----	40
3.3 Cálculos y representación de los resultados-----	43
3.5 Instalando el dispositivo USB-----	47
3.6 Programa realizado en Visual Basic 2008-----	50
3.7 Generador de inf para los drivers USB de Microchip-----	51
3.8 Pruebas RF-----	65

## 4 Fundamentos de Apoyo

4.1 Anexos -----	68
------------------	----

## **5 Conclusiones y comentarios**

5.1 Conclusiones-----71

5.2 Comentarios-----71

**Bibliografía y referencias**-----71

# 1. AUTOMATIZACIÓN DE UNA CÁMARA TRIAXIAL

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La automatización del proceso de adquisición de las mediciones de las pruebas que se realizan en una cámara triaxial será efectuada por medio de micro controladores, de esta manera para facilitar la adquisición de los datos, realizando la conversión de los voltajes de salida entregados por los sensores de desplazamiento (LVDT) y de presión, para después visualizarlas en una pantalla. Así agilizando el proceso y obteniendo las mediciones correctas para la prueba triaxial que se realicen a las muestras de suelo.

Siendo enviados los datos por medio de RF a un segundo micro controlador cuya finalidad es recibir los datos y realizar la comunicación con la PC vía USB.

El muestreo de las mediciones se visualizaran mediante un programa definido especialmente para la prueba. El proceso permitirá con mayor eficiencia los ensayos de compresión triaxial que permite el estudio de un suelo cuando se encuentra simultáneamente solicitado por cargas de compresión, tres cargas ortogonales. Este ensayo permite determinar el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo examinado.

Con el fin de conocer las variables que rigen a una prueba del sistema triaxial, se elaboró un sistema de adquisición de datos. Este sistema es conformado por módulos, el primer módulo es el encargado de recibir la señal directa de lo censado, que a la vez es convertido a digital por medio de un micro controlador, enviado la información recabada al segundo módulo por medio de un dispositivo de radiofrecuencia, en el segundo módulo se encarga de visualizar los datos recibidos y de generar una interfaz USB, para poder recabar la información en una PC, en donde es leída, y almacenada en bases de datos para su comprensión.

## 1.2 ANTECEDENTES

La geotecnia es la rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Esto implica que el área profesional geotécnica, tiene como función investigar el suelo y las rocas por debajo de la superficie determinando sus propiedades, diseñando las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales o etcétera.

Fue Coulomb (1773) quien aplicó a los suelos las leyes fundamentales de la fricción. Él descubrió que la resistencia a lo largo de una superficie de falla dentro de un suelo es función tanto de la carga por unidad de área como de la superficie de contacto. Puede considerarse como la primera contribución importante a la Mecánica de Suelos.

La resistencia de los suelos a la deformación depende de su resistencia a la fuerza cortante. Esta resistencia equivale a la suma de dos componentes: fricción y cohesión.

La resistencia friccional surge de la irregularidad de los contactos entre partículas y es proporcional a la fuerza perpendicular entre ellas. La cohesión que es la resistencia máxima a la tensión de un suelo, y es resultado de las fuerzas de atracción que hay entre gránulos en contacto íntimo y no depende de la presión normal. Sin embargo es raro encontrar esta cohesión verdadera; lo más común es que los suelos tengan cierta resistencia friccional.

El suelo se clasifica según el tamaño de los granos que lo conforman; de acuerdo a esto se tienen:

a) Granulares:

- Bolones: partículas mayores a 6"
- Grava: partículas mayores a 4.76 mm y menores de 6"
- Arenas: partículas entre 0.074 mm y 4.76 mm

b) Finos:

- Limos: partículas entre 0.074 mm y 0.002 mm
- Arcillas: partículas menores a 0.002 mm

Estos llegan a tener una forma en su estructura física de los granos que lo componen, que influye en la resistencia al corte. En general se puede encontrar granos de las siguientes formas:

- Redondo
- Subredondeado
- Subangulares
- Angulares

En la medida que la forma de los granos es más angular aumenta la resistencia de suelos al corte porque existe una mayor fricción entre las partículas.

Es necesario definir los suelos para diferenciarlos de las rocas. Para fines de Mecánica de Suelos se acepta una definición simplificada que no traza un límite bien demarcado entre ambos: El suelo es un agregado natural de granos minerales que puede ser separado en sus partículas individuales ya por simple muestreo, ya por medios mecánicos suaves tales como agitación en agua.

### **1.2.1 EL SUELO COMO ELEMENTO IMPORTANTE DE LAS CIMENTACIONES**

Las cargas que transmite la cimentación a las capas del terreno causan tensiones y por tanto, deformaciones en la capa del terreno soporte. Como en todos los materiales, la deformación depende de la tensión y de las propiedades del terreno soporte. Estas deformaciones tienen lugar siempre y su suma produce asentamientos de las superficies de contacto entre la cimentación y el terreno.

La conducta del terreno bajo tensión está afectada por su densidad y por las proporciones relativas de agua y aire que llenan sus huecos. Estas propiedades varían con el tiempo y dependen de otros muchos factores.

- \* Variación del volumen de huecos como consecuencia de la *compactación* del terreno.
- \* Variación del volumen de huecos como consecuencia del *desplazamiento* de las partículas.

\* Variación del volumen de huecos como consecuencia de la *deformación* de las partículas del terreno.

Los cimientos constituyen los subsistemas de cualquier edificación que transmiten directamente las cargas de esta hacia el suelo; o terreno; su función es distribuir las cargas del edificio, dispersándolas en el suelo adyacente, de modo que éste y los materiales que los sostienen tengan suficiente fuerza y rigidez para soportarlas sin sufrir deformaciones excesivas.

Debido a las interacciones de suelos y cimientos, las características de los suelos o terrenos sobre los que se construye influyen de modo determinante en la selección del tipo y tamaño de los cimientos usados; estos

últimos a su vez, afectan significativamente el diseño de la superestructura, el tiempo de construcción del edificio y, en consecuencia, los costos de la obra.

Por tanto, para lograr una edificación segura y económica es fundamental disponer de cierto conocimiento de la mecánica de suelos y del diseño de cimentaciones.

El estudio de los suelos, sus propiedades, y comportamiento, desde el punto de vista de la ingeniería civil, es el campo de la Mecánica de Suelos.

### 1.2.2 PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS

Los principales términos usados para describir los suelos son: grava, arena, limo y arcilla. La mayor parte de los suelos naturales son una mezcla de dos o más de estos constituyentes y muchos contienen un agregado de materias orgánicas en un estado de descomposición parcial o total. La muestra recibe el nombre del constituyente que aparece como más influyente en el comportamiento y los demás constituyentes se indican como adjetivo.

Así, una arcilla limosa tiene las propiedades de una arcilla, pero contiene una cantidad importante de limo, y un limo orgánico está compuesto principalmente por limo, pero contiene una cantidad significativa de material orgánico.

Arenas y gravas son conocidas como suelos granulares, y limos y arcillas como suelos finos, la distinción entre suelos granulares y suelos finos se basa en si las partículas individuales son o no visibles a simple vista.

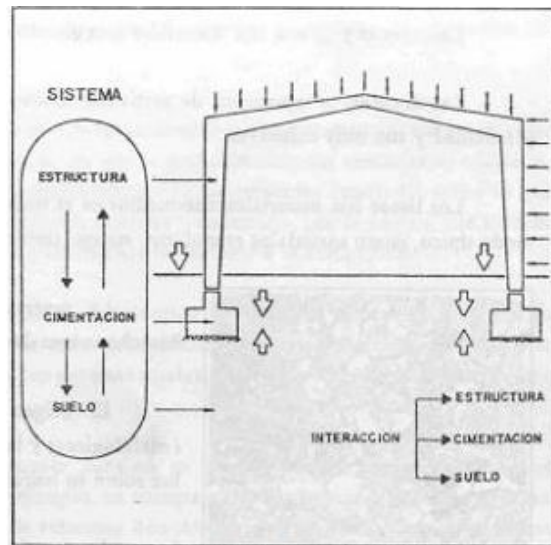


FIG. 1.2 SISTEMA DE SIMENTACION

### 1.2.3 TIPOS DE PRUEBAS

Para la determinación de los parámetros del suelo existen varias pruebas a realizar, utilizando métodos de compresión para definir sus propiedades, algunas de ellas son la compresión isotrópica, compresión confinada, compresión triaxial y la prueba directa.

Entre las pruebas con resultados más precisos para la obtención de los parámetros de la muestra de suelo se encuentra la prueba triaxial mediante la llamada Cámara Triaxial.

En la actualidad existen dos modalidades de pruebas triaxiales; pruebas de compresión y pruebas de extensión, todo depende de si la muestra varía en aumento o disminución en su dimensión original de altura.

Las pruebas triaxiales se clasifican además por su forma de aplicación sobre el espécimen en tres grupos, que son:

- Prueba lenta; donde el espécimen se le aplica un esfuerzo de compresión en pequeños incrementos, esperando siempre que en cada incremento el valor de  $U_n=0$ , es decir que debemos esperar a que el suelo consolide y que la presión del agua sea cero.
- Prueba Rápida - Consolidada; se le aplica al suelo un esfuerzo en pequeños incrementos y luego esperamos que  $U_n=0$  para después fallar el suelo en forma rápida aplicando el esfuerzo axial por completo.
- Prueba Rápida; en esta prueba tanto la presión hidrostática como la carga axial son aplicadas sin permitir consolidación en la muestra. Los esfuerzos efectivos no se conocen bien, ni tampoco su distribución en ningún momento.

Las cámaras triaxiales modernas, pueden usarse para medición de presión neutral durante la prueba, insertando, en la base de la bureta, un segmento corto de tubo capilar de lusita y conectando una línea de presión de aire al extremo superior de la bureta. Esta línea conduce a un sistema de válvulas de control y manómetros que permiten un buen ajuste de la presión neutral del agua intersticial.

La mejor manera de efectuar la compactación de suelos, sea por medios artificiales o naturales, es bajo condiciones de humedad bastante definidas, ya que la redistribución de las partículas del suelo para que ocupen un menor volumen no es posible cuando se carece de suficiente humedad para cubrir cada gránulo. La película de agua hace las veces de lubricante, lo que facilita los movimientos relativos de las partículas, y su tensión capilar las sostiene en su sitio.



### **1.3-JUSTIFICACION**

La implementación digital y la transmisión por RF de las mediciones a la cámara triaxial será de gran apoyo para que las pruebas triaxiales que se realicen en el laboratorio puedan ser más confiables y puedan tener la ventaja de realizarse a una determinada distancia aproximada a 100m, para esto las mediciones de los sensores son mostradas de manera constantes junto con las variaciones que en estas se presente en dos pantallas LCD independientes, una del lado del emisor RF y la otra para corroborar los datos en la recepción de RF.

La aplicación sobrepasa al rendimiento y la eficiencia de una cámara triaxial analógica, esta aplicación es conveniente para el análisis de los diferentes parámetros a medir de las muestras de los tipos de suelo por que facilita la adquisición de los datos de las pruebas. Esta presenta además como de gran apoyo visual, el programa definido específicamente para la aplicación, por medio del monitor de una computadora visualizar los resultados arrojados por los sensores. Siendo esta una confiable aplicación para cada prueba a realizar, visualizando el resultado de los parámetros a calcular.

### **1.4-OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVOS GENERALES**

Implementar un sistema, adaptado a una cámara triaxial, capaz de adquirir, señales eléctricas, provenientes de un sensor de desplazamiento y un sensor de presión, para procesarlas en un micro controlador y transportarlas a un transmisor de radio frecuencia cuyas señales sean adquiridas por un receptor para después ser procesadas por una interface de comunicación USB para visualizarlas en el monitor de una computadora y calcular el ángulo de fricción interna del suelo y la cohesión.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Por medio del micro controlador pic16f877a y el pic18f4550 adquirir los datos de un sistema emisor a un receptor, inalámbricamente y ser recepcionados por el software, Logrando una comunicación USB por medio de un micro controlador.

Esta aplicación que se le da a la cámara triaxial se pretende maximizar el rendimiento de este y darle una mayor confiabilidad a las mediciones. De manera que el usuario o practicante obtenga los resultados de los parámetros de la muestra de suelo de manera inmediata sin realizar cálculo alguno.

### **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las cámaras triaxiales analógicas utilizan dispositivos mecánicos para medir presión y desplazamiento. Estas ofrecen precisión confiable, pero las mediciones son registradas manualmente. Para operar el equipo es necesario hacer registros durante las diferentes fases de la prueba y registrarlas en tablas. Normalmente son tres fases o cuatro. Y los datos

obtenidos durante las fases se grafican para conocer las características dinámicas de la muestra.

Esta aplicación pretende minimizar los tiempos de realización de las pruebas y dar resultados más precisos que la de los dispositivos analógicos.

## **1.6 HIPÓTESIS DEL TRABAJO O PROYECTO**

Su principal finalidad es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo constante. Pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada. Por lo que en este proyecto se decidió mejorar este sistema para la adquisición de datos por medio en el cual se utilizara dispositivos electrónicos que nos permitirán conocer los resultados en forma digital. El proyecto tiene la ventaja de contar con una comunicación de Radio Frecuencia la cual nos permite adquirir la información y enviarla a un usuario el cual recibirá estos datos de manera digital y además de contar con un software para poder visualizar estos datos.

## **1.7 ANÁLISIS DE VIABILIDAD.**

Respecto a las cámaras triaxiales con quipos con característica operativa analógica, estos instrumentos que se utilizan para mensurar magnitudes eléctricas, mecánicas y en general cualquier evento físico, resultan para las pruebas en la cámara triaxial siempre con un porcentaje de error e incertidumbre inherente a toda medición. El proceso que se realiza para obtener los datos que arrojan los instrumentos de medición son en ocasiones mediciones que se realizan constantemente de manera manual y en un lapso de tiempo para realizar las anotaciones arrojadas, sumando a esto el error de paralaje y humano que puede existir al realizar este procedimiento.

En la visualización de los datos de manera digital se obtiene un mayor rendimiento en la forma de toma de datos comparado con una cámara triaxial con instrumentos de medición analógica, el resultado en pantalla es mucho más exacto y en la adquisición se agiliza el procedimiento. La implementación digital permite eliminar las partes electromecánicas sensibles al desgaste y vibraciones, como un consumo de energía mucho menor. Y con la posibilidad de realizar mediciones coordinadas comandando los instrumentos digitales desde un ordenador a través de una interfaz.

## 1.8 IMPACTO EN EL ENTORNO

La electrónica es una parte muy importante de la sociedad actual. Las personas utilizan la electrónica diariamente y nuestra sociedad ha cambiado desde que el uso de la electrónica llegó a ser tan común.

La electrónica continua avanzando, la manera más evidente de ver este progreso es la sustitución de equipos de mediciones analógicos debido a que tienen un porcentaje de error; por lo consiguiente que son generalmente leídos por una aguja o galvanómetros que se observan aún en los equipos de mediciones. Pero debido a que son vulnerables a descalibrarse muchas veces las mediciones son incorrectas; la electrónica se abrió camino a esas necesidades creando dispositivos capaces de proporcionar datos digitales los cuales obtenemos una mejor precisión y fácil lectura.

Uno de los problemas ambientales, y tal vez el principal, tiene que ver con los desechos electrónicos. Los dispositivos electrónicos tradicionalmente han utilizado en las diversas etapas de manufactura, algunos materiales que pueden representar un riesgo para la salud y el medio ambiente, si no son manejados adecuadamente.

Tomando en cuenta el impacto ambiental de este equipo no representa ninguna amenaza para el usuario debido a que no produce sustancias tóxicas que puedan dañar al operarlo; sin embargo el mal uso de las piezas que por algún motivo sean removidas por causa de falla y se desechan inadecuadamente son capaces de afectar al medio ambiente.

La falta de cultura de reciclaje electrónico y de infraestructura para lograr reciclar los desechos, así como el creciente consumismo relacionado con esta industria, han provocado el crecimiento del impacto ecológico.

En estudio publicado recientemente por la ONU, señala que anualmente el volumen de los desechos electrónicos a nivel mundial se encuentra en el rango de los 20 y los 50 millones de toneladas anuales, lo que nos da una idea clara de la magnitud del problema.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 CÁMARA TRIAXIAL

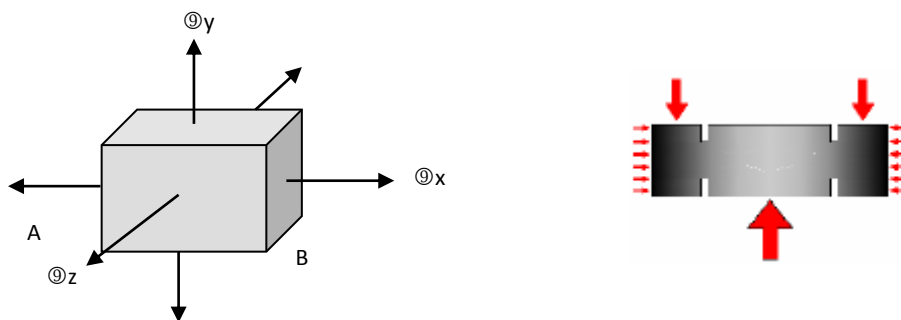
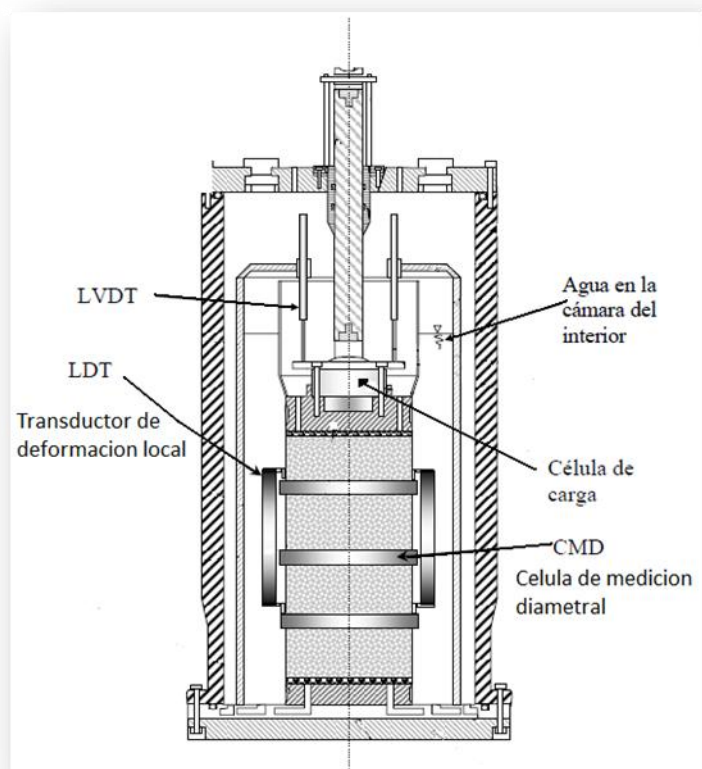
Una cámara triaxial se forma del conjunto de instrumentos, mecanismos de compresión y medición para análisis y estudio de muestras de suelo. Realizando un esfuerzo triaxial a la muestra, para así determinar sus parámetros de esfuerzo-deformación.

Este equipo permite determinar las características de esfuerzo-deformación y resistencia de un suelo saturado, cuando se aplican presiones laterales y axiales a un espécimen cilíndrico. Una de las pruebas es medir el módulo de deformación de los suelos, definido como la pendiente de la curva esfuerzo – deformación obtenida.

**Fig2.1. Cámara Triaxial**

Las partes principales de una cámara triaxial son: la célula triaxial, la prensa de aplicación de carga, la instrumentación, el sistema de adquisición de datos, la cámara de compresión triaxial, el control para la temperatura y los accesorios para el montaje.

Una compresora hidráulica suministra agua a la cámara de prueba, ejerciendo dos fuerzas axiales a la muestra y un pistón neumático proporciona el tercer esfuerzo axial.



**Fig.2.1.1 Elemento bajo una tensión Triaxial**

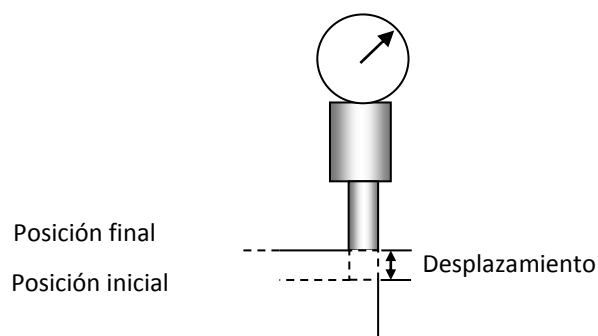
## 2.1.2 RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN

Probablemente una de las características ingenieriles más representativas de un material desde el punto de vista de definir su comportamiento se llama la relación esfuerzo-deformación.

Estos son, en primer lugar la resistencia del material a los esfuerzos al que se somete, en segundo lugar preocupa la deformabilidad del material expresada en relación a los esfuerzos al que se le aplique, tanto en lo que se refiere a la intensidad o nivel de los esfuerzos, como a la manera en que se ejerzan, incluyendo la velocidad de aplicación.

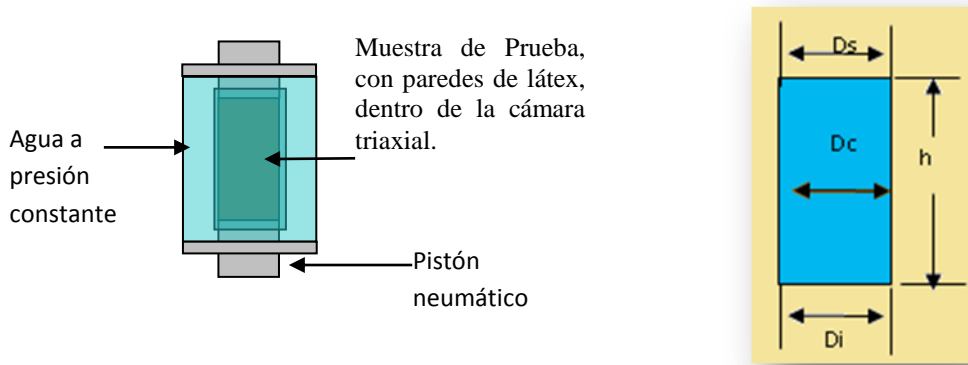
Una de las principales pruebas de laboratorio que se hace para determinar las características esfuerzo-deformación de los suelos es la prueba triaxial. Es la más común y versátil de las pruebas. También es la prueba más útil para conocer su resistencia. En ella se mide la deformación axial de un espécimen cilíndrico de altura aproximada igual a 2 o 3 veces el diámetro de su base, mientras se le aplica un esfuerzo normal vertical conocido y esfuerzos laterales (presión confinante) iguales en todas las direcciones horizontales. El espécimen es primero sometido a la presión de confinamiento, dada usualmente por agua a presión dentro de la cámara triaxial, después se incrementa el esfuerzo vertical hasta que el espécimen falla (esfuerzo desviador). En la prueba triaxial puede conocerse el esfuerzo aplicado utilizando un vástago de carga con pesos conocidos (prueba con esfuerzo controlado) o bien puede medirse el esfuerzo empleando una báscula hidráulica y presionando el vástago sobre el espécimen (prueba de deformación controlada). La deformación axial se mide utilizando extensómetros.

Con un manómetro, ubicado en la parte superior de la cámara de prueba, mide la deformación que sufre la muestra. Esta deformación es proporcional al desplazamiento de la cámara de prueba.



**Fig.2.1.2 Manómetro**

Concluida una prueba los datos obtenidos son registrados en una tabla. Una vez concentrada la información se grafican los datos obtenidos. Se repite la prueba para cada una de las presiones de agua. En una gráfica se concentran los resultados obtenidos de las pruebas a diferentes presiones. Y en base a esta grafica se determina el ángulo de fricción y la cohesión del suelo. Esta última sirve para calcular la capacidad de carga para la cimentación.



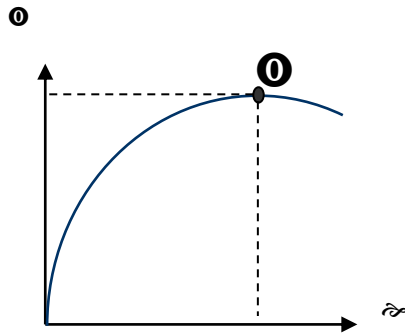
**Fig. 2.1.3 Deformación de la muestra**

**Donde:** Ds= Diámetro Superior, Dc= Diámetro Central, Di = Diámetro Inferior, h = Altura de la Muestra

PRUEBA	COMPRESION ISOTROPA	COMPRESION CONFINADA	COMPRESION TRIAXIAL	PRUEBA DIRECTA
CONDICIONES BASICAS	 $\sigma_1 = \sigma_3$	 NO HAY MOVIMIENTO HORIZONTAL	 CONSTANTE CUANDO SE APLICA Pc	 N CONSTANTE CUANDO SE APLICA T
TIPO DE DEFORMACION	VOLUMETRIA 	PRINCIPALMENTE VOLUMETRIA, PERO CON ALGO DE DISTORSION 	DISTORSION Y VOLUMETRIA 	PRINCIPALMENTE DISTORSION Y ALGO DE VOLUMETRIA 
USOS	PARA ESTUDIOS DE DEFORMACION VOLUMETRICA	PARA PRODUCIR ALGUNAS CONDICIONES REALES DE CAMPO	PARA EL ESTUDIO DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS (ES LA PRUEBA MAS COMUN)	PARA EL ESTUDIO DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS

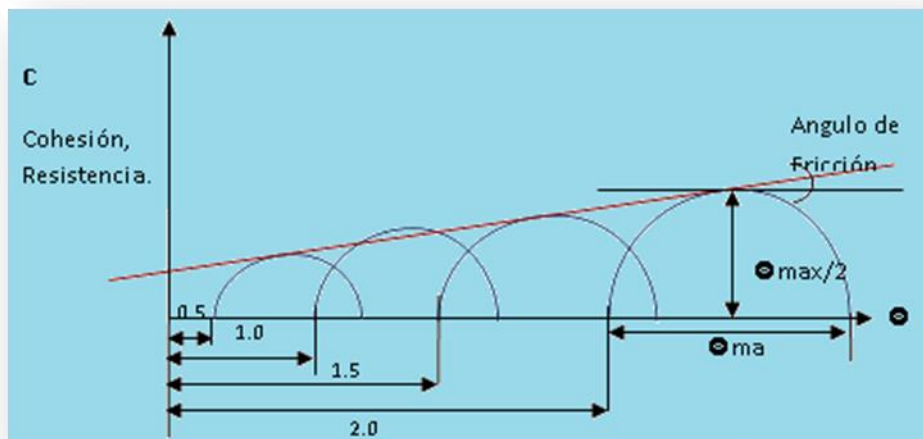
**Fig. 2.1.4 Tipos comunes de prueba de esfuerzo-deformación.**

Una vez concentrada la información se grafican los datos obtenidos, la figura 1.5 muestra una gráfica típica obtenida en cada una de las pruebas.



**Figura 2.1.5 Gráfica obtenida en una prueba**

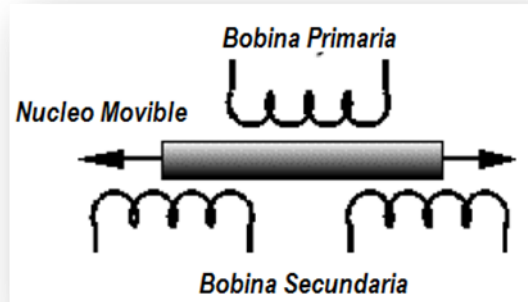
En la gráfica mostrada en la figura 1.6 se concentran los resultados obtenidos de las pruebas a diferentes presiones.



**Figura 21..6 Gráfica general**

## 2.2 LVDT

El Transformador Diferencial Variable Lineal es un dispositivo de sensado de posición que provee un voltaje de salida de CA proporcional al desplazamiento de su núcleo que pasa a través de sus arrollamientos. Los LVDTs proveen una salida lineal para pequeños desplazamientos mientras el núcleo permanezca dentro del bobinado primario. La distancia exacta es en función de la geometría del LVDT.



**Fig. 2.3.0LVDT**

Un LVDT es muy parecido a cualquier otro transformador, el cual consta de una bobina primaria, bobina secundaria y un núcleo magnético. Una corriente alterna, conocida como señal portadora, se aplica en el embobinado primario. Dicha corriente alterna en el bobinado primario produce un campo magnético variable alrededor del núcleo. Como en cualquier otro transformador, el voltaje de la señal inducida en el bobinado secundario es una relación lineal del número de espiras.

*La relación básica del transformador:*

Donde:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{N_{out}}{N_{in}}$$

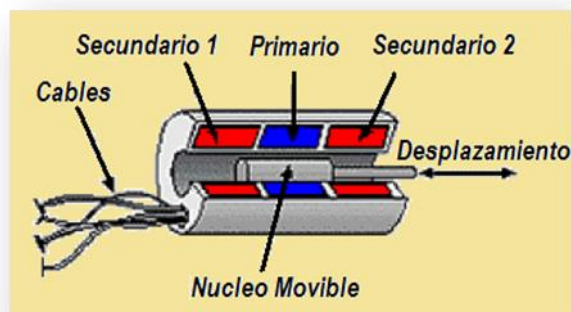
*Vout: Tensión de salida*

*Vin: Tensión de entrada*

*Nout: Núm. De espiras del bobinado secundario*

*Nin: Núm. De espiras del bobinado primario.*

Como el núcleo se desplaza, el número de espiras expuestas en el bobinado secundario cambia de forma lineal. Por lo tanto la amplitud de la señal inducida cambiara también linealmente con el desplazamiento.



**Fig. 2.3.1. Estructura**

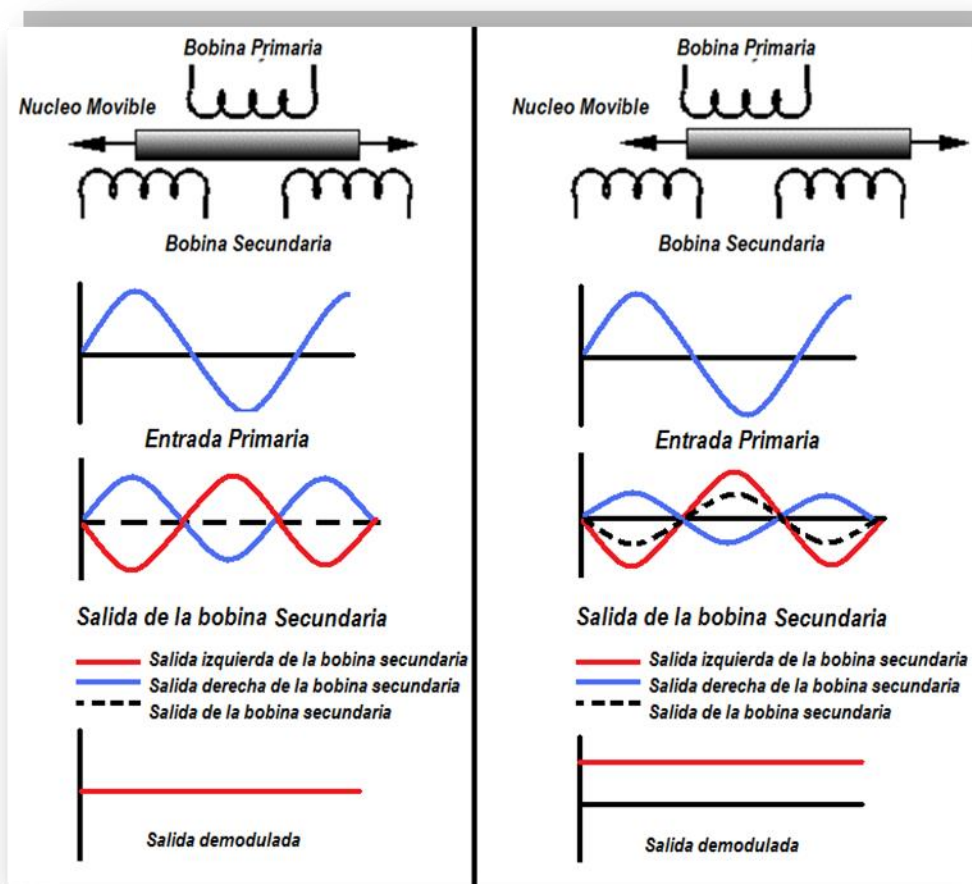
**Interna LVDT**



Para medir la deformación axial se utiliza LVDT (Linear Variable Differential Transducer) estos miden el desplazamiento axial o cambio de longitud de la probeta.

En LVDT indica la dirección de desplazamiento debido a que las salidas de los dos bobinados secundarios se encuentran balanceadas mutuamente. Los bobinados secundarios en un LVDT se conectan en sentido opuesto. Así cuando el mismo campo magnético variable se aplica a ambos bobinados secundarios, sus voltajes de salida tienen igual magnitud pero diferente signo. Las salidas de los dos bobinados secundarios se suman, simplemente conectando los bobinados secundarios a un punto común de centro.

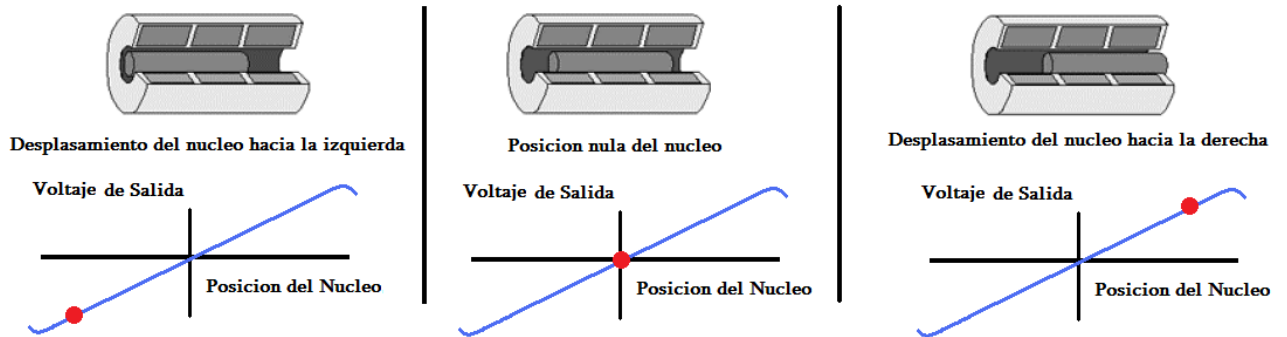
A una posición de equilibrio (generalmente cero desplazamiento) se produce una señal de salida igual a cero. La señal inducida de CA es entonces demodulada para producir un voltaje de CC que sea sensible a la amplitud y la fase de la señal de CA producida.



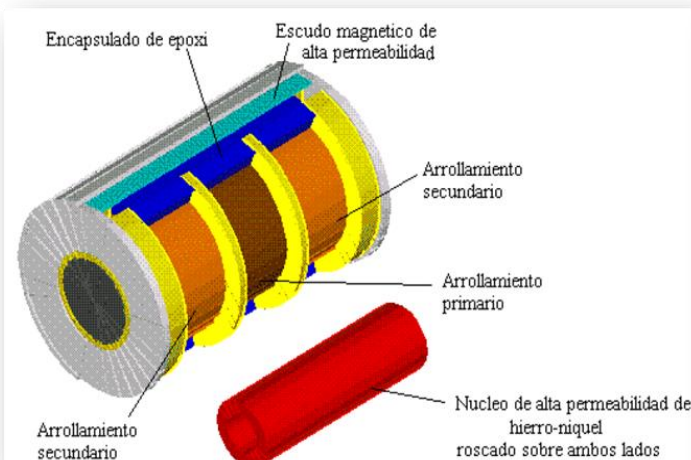
**Fig.2.3.2 señal de salida LVDT**

Los LVDT son los sensores electro-mecánicos de uso frecuente, y producen una salida eléctrica proporcional al movimiento del vástago no ferro magnético. Tiene resolución infinita, responden a cualquier movimiento por mínimo que este sea. El bajo rozamiento de su vástago le da una vida ilimitada.

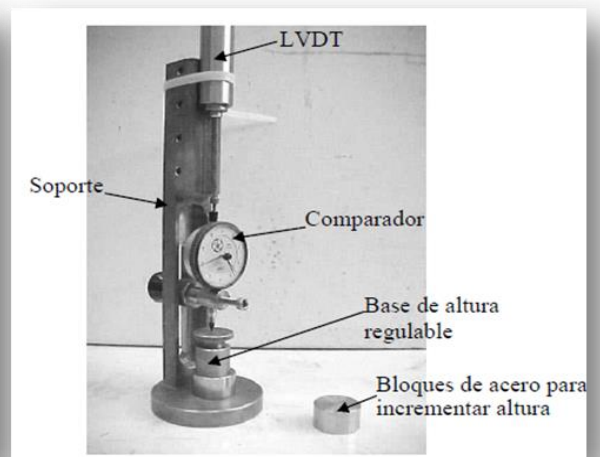
Efecto no lineal de un LVDT: Este provee una relación lineal entre el desplazamiento y el voltaje, mientras el núcleo se exponga a todas espiras del bobinado primario.



**Fig. 2.3.3** voltaje relacionado por el desplazamiento del núcleo móvil.



**Fig. 2.3.4** Características de diseño



**Fig. 2.3.5** Dispositivo de Calibración de los LVDT

## 2.3 CELDAS DE CARGA

Las celdas de carga son sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica. La celda de carga es un componente esencial en cualquier báscula o balanza electrónica y las hay en diferentes modelos y especificaciones.

Existe en mercado una muy amplia variedad de celdas de carga, las cuales varían en forma, tamaño, material, entre otras cosas. Los fabricantes de celdas de carga para medir la presión se vuelcan preferentemente al uso de las galgas extensiométricas en sus diseños.

Se trata de un trozo de metal, que o bien puede ser de aluminio o bien de acero. El principio básico de una celda de carga está basado en el funcionamiento de cuatro galgas extensiométricas dispuestos en una configuración especial. Las galgas se adhieren a la carga aplicada, es decir, a los pesos que se colocan sobre los platos de la báscula para obtener los resultados de la medición.

El conductor es el encargado de transmitir una señal que deberá ser proporcional a la deformación, pero siempre y cuando a la galga se le aplique un voltaje denominado “de excitación”.

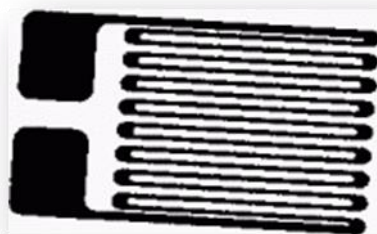
### Galga extensiométrica

La galga extensiométrica es básicamente una resistencia eléctrica. El parámetro variable y sujeto a medida es la resistencia de dicha galga. Esta variación de resistencia depende de la deformación que sufre la galga.

La resistencia eléctrica del hilo es directamente proporcional a su longitud, o lo que es lo mismo, su resistencia aumenta cuando éste se alarga.

De este modo las deformaciones que se producen en el objeto, en el cual está adherida la galga, provocan una variación de la longitud y, por consiguiente, una variación de la resistencia.

Otro principio de funcionamiento de las galgas se basa en la deformación de elementos semiconductores. Esta deformación provoca una variación, tanto en la longitud como en la sección.



*Fig. 2.4.0 Galga*

### ***Las principales características de las galgas son las siguientes:***

***Anchura y Longitud:*** Dichos parámetros nos proporcionan las características constructivas de la galga. Nos permite escoger el tamaño del sensor que más se adecúe a nuestras necesidades.

***Peso:*** Esta característica nos define el peso de la galga. Este suele ser del orden de gramos. En aplicaciones de mucha precisión el peso puede influir en la medida de la deformación.

***Tensión medible:*** Es el rango de variación de longitud de la galga, cuando ésta se somete a una deformación. Este rango viene expresado en un tanto por cien respecto a la longitud de la galga.

***Temperatura de funcionamiento:*** Es aquella temperatura para la cual el funcionamiento de la galga se encuentra dentro de los parámetros proporcionados por el fabricante.

***Resistencia de la galga:*** Es la resistencia de la galga cuando ésta no está sometida a ninguna deformación. Es la resistencia de referencia y suele acompañarse de un porcentaje de variación.

***Factor de galga:*** Factor de galga o factor de sensibilidad de la galga es una constante K característica de cada galga. Determina la sensibilidad de ésta. Este factor es función de muchos parámetros, pero especialmente de la aleación empleada en la fabricación.

***Coefficiente de temperatura del factor de galga:*** La temperatura influye notablemente en las características. A su vez, cualquier variación en estas características influye en el factor de galga. Este coeficiente se mide en  $\%/^{\circ}\text{C}$ , que es la variación porcentual del valor nominal del factor de galga respecto al incremento de temperatura.

***Prueba de fatiga:*** Esta característica nos indica el número de contracciones o deformaciones a una determinada tensión que puede soportar la galga sin romperse.

***Material de la lámina:*** Esta característica nos define el material del que está hecho el hilo conductor o el material semiconductor.

***Material de la base:*** Esta característica nos define el material del que está constituida la base no conductora de la galga.

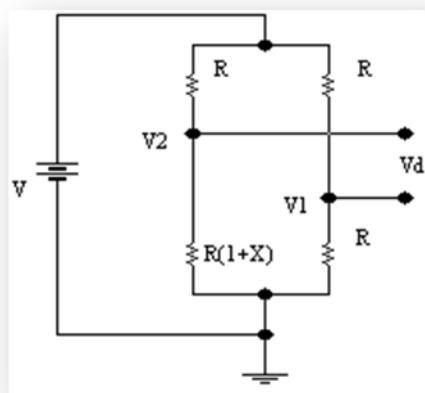
***Factor de expansión lineal:*** Representa un error que se produce en la magnitud de salida en ausencia de señal de entrada, es decir, en ausencia de deformación. Este error depende de la temperatura ambiente a la que está sometida la galga.

### 2.3.1 CONFIGURACIÓN FÍSICA

El montaje más común utilizado para medir deformaciones mediante galgas es el puente de Wheatstone. Existen tres tipos de montajes básicos: con una, dos y cuatro galgas. La medida se suele realizar por deflexión, es decir midiendo la diferencia de tensión existente entre los terminales de salida del sensor.

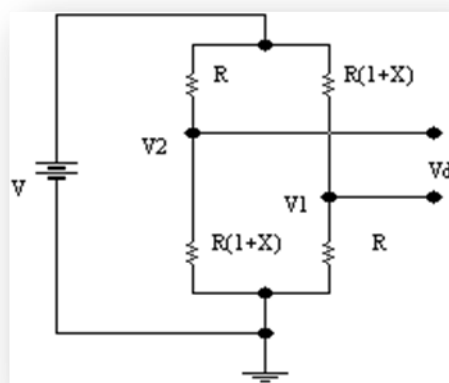
Las principales diferencias de estos montajes se encuentran en la sensibilidad y la capacidad de compensación del efecto de temperatura.

Esta compensación consiste en suprimir los efectos de la temperatura en el valor de la resistencia de la galga; cuando en un puente de medida coinciden dos o cuatro galgas de iguales características, los efectos de la temperatura se anulan ya que ésta les afecta por igual.



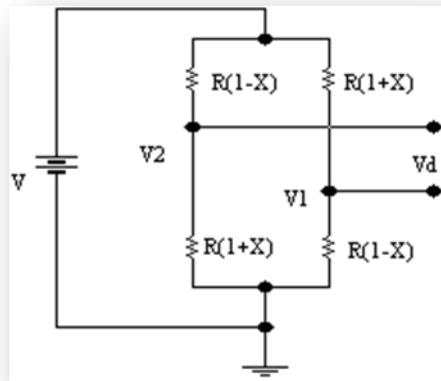
**Fig.2.4.1 Puente de medida con una galga:**

Este puente de medida se caracteriza por una baja sensibilidad. Por otro lado al solo haber una galga esta no está compensado en temperatura.



**Fig. 2.4.2 Puente de medida con dos galgas (Medio Puente):**

Debido a la utilización de dos galgas se consigue duplicar la sensibilidad del puente respecto al anterior. Esto permite que para una misma deformación tengamos una mayor señal de salida para una tensión de alimentación dada. La disposición de las galgas, permiten la compensación en temperatura.



**Fig. 2.4.3 Puente de medida con cuatro galgas (Puente Completo):**

La utilización de cuatro galgas cuadruplica la sensibilidad del puente respecto al puente de una sola galga. De igual forma que en el caso anterior, las galgas están compensadas en temperatura.

### 2.3.2 DISTINTOS TIPOS DE CELDAS DE CARGA

#### *Hidráulicas:*

Son dispositivos de fuerza-balance, que miden el peso como un cambio en la presión del líquido con el cual esta relleno internamente. En las celdas de carga hidráulicas del tipo de diafragma rotante, la fuerza actuante sobre un cabezal de carga es transferida a un pistón que, a su vez comprime el fluido confinado en una cámara de diafragma de elastómero. A medida que la fuerza aumenta, la presión del fluido hidráulico crece.

#### *Neumáticas:*

También operan bajo el principio de fuerza-balance. Estos dispositivos utilizan múltiples cámaras de amortiguación para proporcionar mayor precisión que un dispositivo hidráulico. Las celdas de carga neumáticas se utilizan a menudo para medir pesos relativamente pequeños en las industrias donde la limpieza y seguridad son de interés primordial.

#### *Basadas en galgas extensiométricas:*

Convierten la fuerza actuante sobre ellas en señales eléctricas medibles. Las galgas están unidas a una viga o miembro estructural que se deforma cuando el peso se aplica. En la mayoría de los casos, cuatro galgas se utilizan para obtener la máxima sensibilidad y la compensación de temperatura. Dos de las galgas suelen estar en tensión, y dos en compresión, y están conectados (mediante cables) con los ajustes de compensación. Cuando se aplica el peso, la tensión cambia la resistencia eléctrica de las galgas en proporción a la carga.

#### *Celdas de carga de compresión*

Como lo dice su nombre, son celdas de carga que miden según su compresión con una excelente estabilidad a largo plazo. En su mayoría, son construidas en acero inoxidable para asegurar la fiabilidad en entornos industriales. Están diseñadas para operar montadas a una superficie plana, y tienen un botón de carga mecanizado como parte integrante de la celda de carga básica.



**Fig. 2.4.4 Celda de carga de compresión, En su parte superior tiene un botón de carga para efectuar la medición de presión.**

## 2.4 COHESIÓN

La cohesión depende fundamentalmente de la humedad y la textura y desde el punto de vista de la resistencia mecánica del suelo son importantes sus componentes moleculares y superficiales.

Cohesión molecular: referida a la resistencia a los terrones individuales

Cohesión superficial: referida a la resistencia de grupos de terrones.

En general puede decirse que a medida que disminuye la humedad de un suelo dado aumenta la cohesión molecular y disminuye la superficial.

C= es la cohesión del suelo

$$C = \tau - \sigma \tan \phi$$

## 2.5 ANGULO DE FRICCIÓN

La primera hipótesis sobre la resistencia al corte de un suelo fue presentada por Coulomb (1773) como

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Donde:

- $\tau_f$  Es el esfuerzo cortante total en el plano de falla
- $\sigma$  Es el esfuerzo normal al plano de falla
- $\phi$  Es el ángulo de fricción del suelo
- $c$  Es la cohesión del suelo

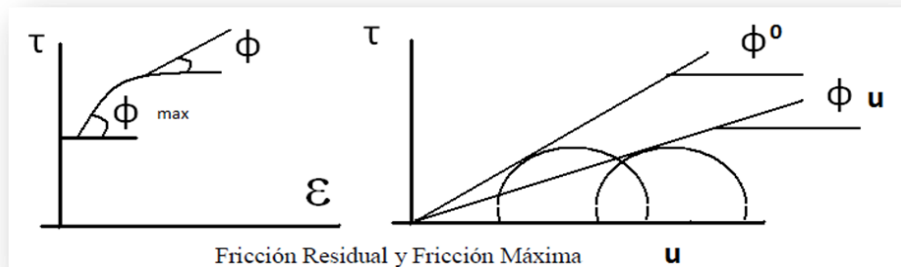
La ecuación de Coulomb es una relación puramente empírica que se basa en la fricción existente por el deslizamiento de dos superficies planas, el cual considera el

término de la cohesión “c” para tomar en cuenta la adherencia propia de los suelos arcillosos. Para los materiales granulares,  $c = 0$ , y por lo tanto  $\tau_f = \sigma \tan \phi$ .

La utilización de la ecuación de Coulomb no condujo siempre a diseños satisfactorios de estructuras del suelo. La razón para ello no se hizo evidente hasta que Terzaghi publicó el principio de esfuerzos efectivos,  $\sigma = \sigma' + u$ . Pudo apreciarse entonces que, dado que el agua no puede soportar esfuerzos cortantes sustanciales, la resistencia al corte de un suelo debe ser resultado únicamente de la resistencia a la fricción que se produce en los puntos de contacto entre partículas; la magnitud de ésta depende sólo de la magnitud de los esfuerzos efectivos que soporta el esqueleto de suelo. Por tanto, cuanto más grande sea el esfuerzo efectivo normal a un plano de falla potencial, mayor será la resistencia al corte en dicho plano. Entonces, si se expresa la ecuación de Coulomb en términos de esfuerzos efectivos, se tiene:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$

En la cual los parámetros  $c'$  y  $\phi'$  son propiedades del esqueleto de suelo, denominadas cohesión efectiva y ángulo de fricción efectiva, respectivamente. Puesto que la resistencia al corte depende de los esfuerzos efectivos en el suelo, los análisis de estabilidad se harán entonces en términos de esfuerzos efectivos. Sin embargo, en ciertas circunstancias el análisis puede hacerse en términos de esfuerzos totales y por lo tanto, en general, se necesitará determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo en esfuerzos efectivos y esfuerzos totales. Es decir, los valores de  $c'$ ,  $\phi'$  y  $c$ ,  $\phi$ .



**Fig 2.4.5**



## 2.6 PROCESO DE AUTOMATIZACION DE LA CAMARA TRIAXIAL

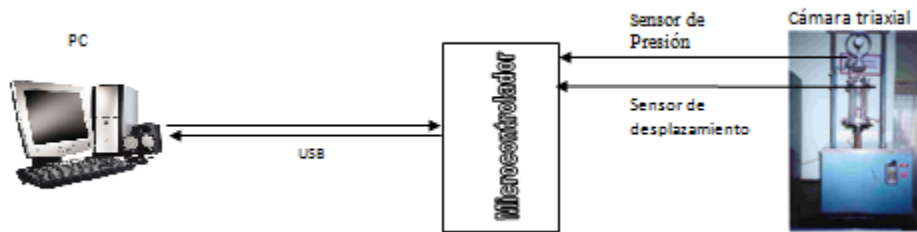


Fig. 2.4.6 Diagrama general del proceso

### Diagrama a bloques del sistema.

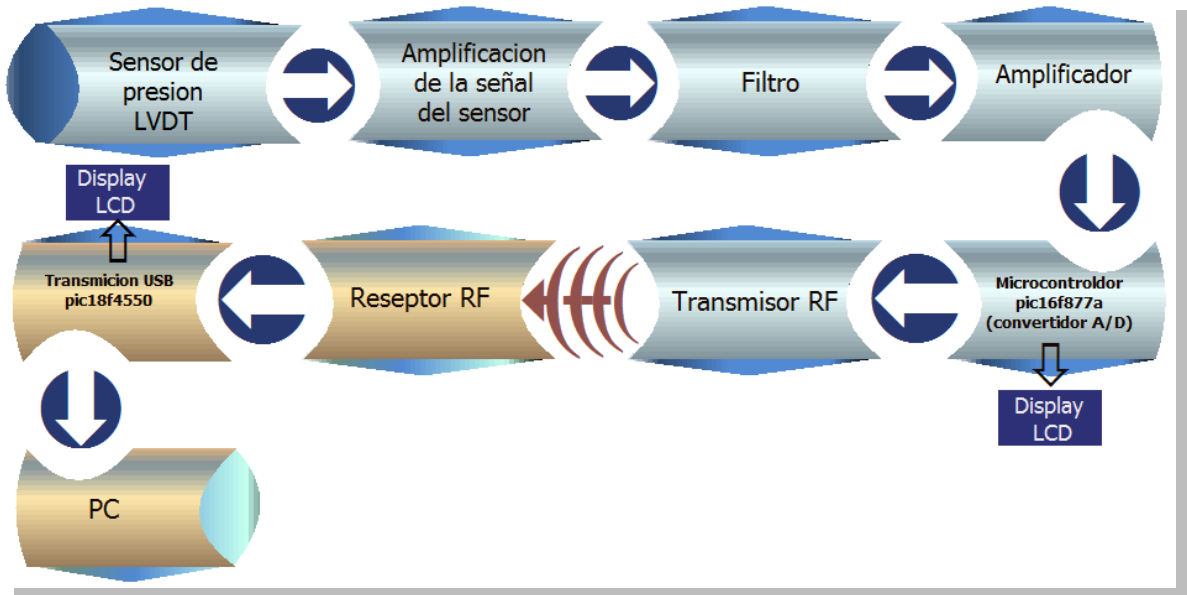


Fig. 2.4.7 Representación a bloques del sistema, desde la medición hasta la adquisición de los datos por medio de la PC.

## 2.6.1 ANALISIS DEL LAS ETAPAS DEL SISTEMA

### SENSOR DE PRESIÓN LVDT Y ACONDICIONAMIENTO.

El Transformador Diferencial Variable Lineal es un tipo de sensor compuesto por dos bobinas secundarias, un bobinado primario y un núcleo móvil, donde producen una salida eléctrica proporcional al movimiento del vástago no ferro magnético debido al movimiento a través de sus arrollamientos. Esta señal es alterna debido que cuya construcción es similar a la de un transformador. El sensor LVDT detecta el desplazamiento que tiene la muestra dentro de la cámara triaxial, mandando un voltaje que después mediante dispositivos electrónicos la señal que entrega es filtrada y amplificada. De manera que entregue una señal de CD.

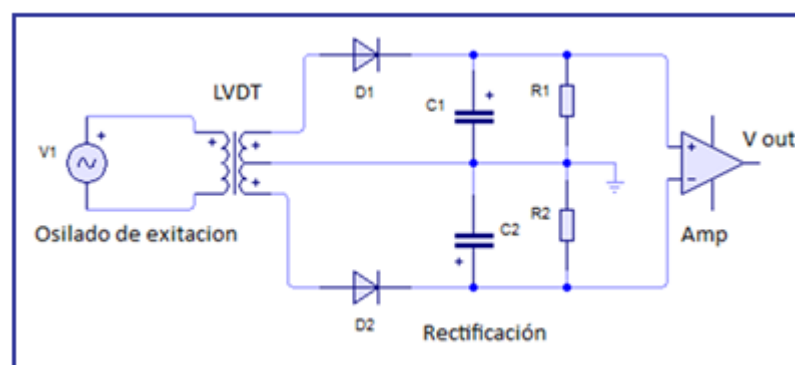
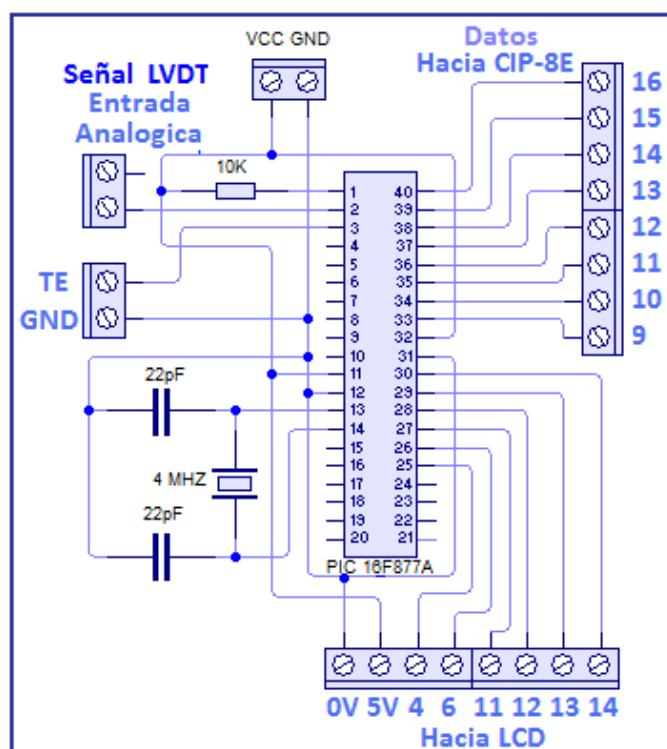


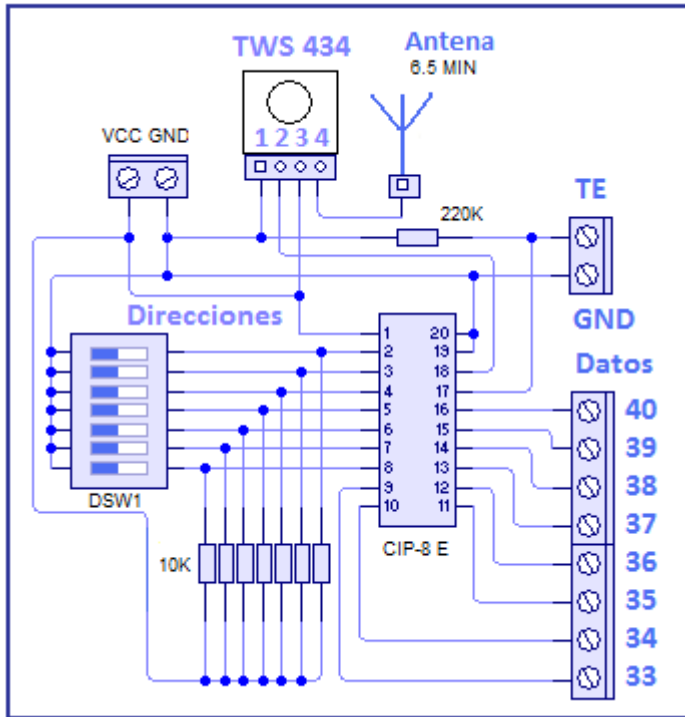
Fig. 2.6.1 composición básica LVDT

### ETAPA DE CONVERSION (A/D) Y MUESTREO

La señal ya amplificada de la salida que entrega el sensor de desplazamiento lineal es recibida por un micro-controlador (pic16f877a), que cuya función será convertir la señal analógica recibida en el puerto a, bit 0 a una señal digital de 8 bits. Entregando los datos al codificador CIP-8E por medio del puerto b y a un LCD en el puerto d configuradas como puerto de salida. En el momento que la señal analógica sea recibida el micro-controlador pondrá en nivel bajo el puerto d bit 2, mandando así a TE a 0 para que el codificador comience a leer.

Fig. 2.6.2 diagrama pic16f877a





**Fig. 2.6.3 diagrama tws 434**

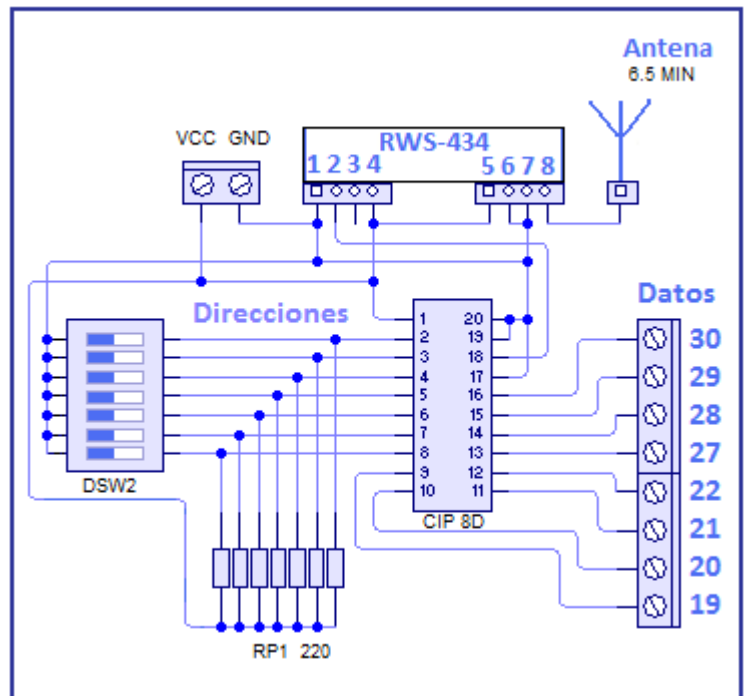
### TRANSMISION DE DATOS POR (RF)

En el momento que el pin 17(TE) del decodificador CIP-8E recibe el nivel bajo entregado por la etapa de conversión de A/D (pic16f877a), este avilita la transmision, mientras tanto no lo reciva el codificador se encuentra en estado de bajo consumo. En el proceso de una transmision el codificador lee los datos recibidos y la linea de direcciones, formando paquetes de informacion para despues ser enviadas a traves del pin 18 al transmisor TWS-434. Realizando la transmision de los datos mientras TE se encuentre en nivel bajo.

### RECEPTOR DE DATOS POR (RF)

Para que se dé la comunicación RF, el radio emisor debe generar una frecuencia para transmitir mediante su oscilador. Esta frecuencia se envía a través de una antena desde donde se propaga.

El radio receptor opera con 4.5 y 5.5 DC. Este se encuentra a la misma frecuencia de operación del radio emisor 433.92 MHz, mediante una antena recibe los paquetes transmitidos, checando si existen errores en la transmisión. Estos paquetes una vez encontrados libre de errores son decodificados y mandados a las salidas del CIP 8-D, posteriormente son recibidos por los puertos de entrada de un segundo micro controlador.



**Fig. 2.6.4 diagrama rws 434**

## ETAPA DE MUESTREO Y CONECCION USB A PC.

Por lo consiguiente los datos son recibidos por un segundo micro-controlador por medio del puerto b configurado como entrada de datos, cuando el modulo es conectado a la Pc este indicara su detección por la misma por medio de leds visualizadores conectados en el puerto E0 Y E1. Mandándose a imprimir los datos al puerto d configurada como puerto de salida para el muestreo en el LCD.

El micro controlador pic18f4550 con 32Kbytes de memoria flash de programa y 2kbytes de SRAM para propósito general. Quien mandara las señales de los sensores recibidas y procesadas por el transmisor RWS 434 después del tiempo de muestreo hacia los pines 22 y 23 configurada como puerto de salida, para realizar la comunicación a la PC a través del puerto USB.

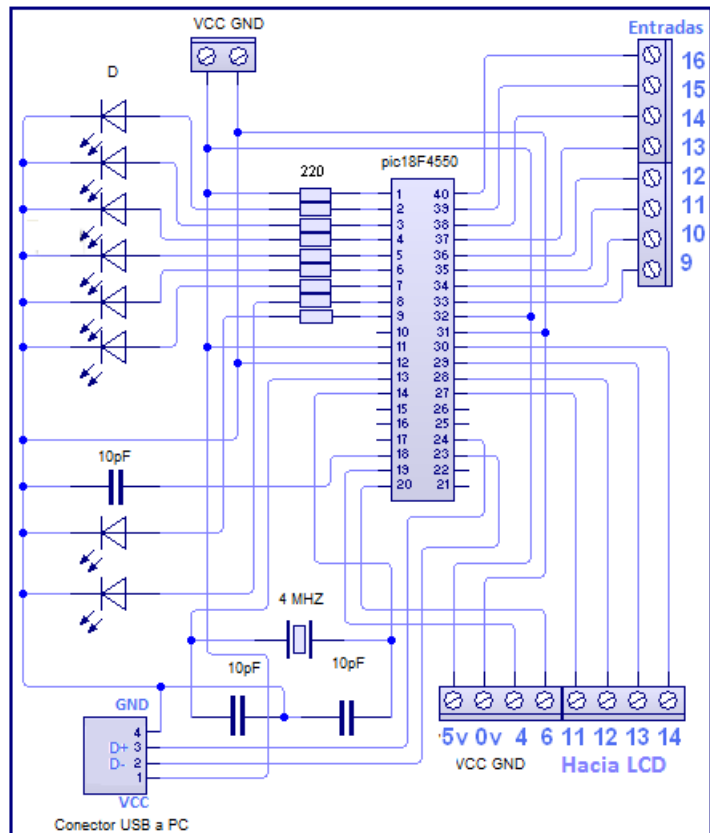


Fig. 2.6.3 diagrama pic18f4550

## 2.7 COMUNICACIÓN USB.

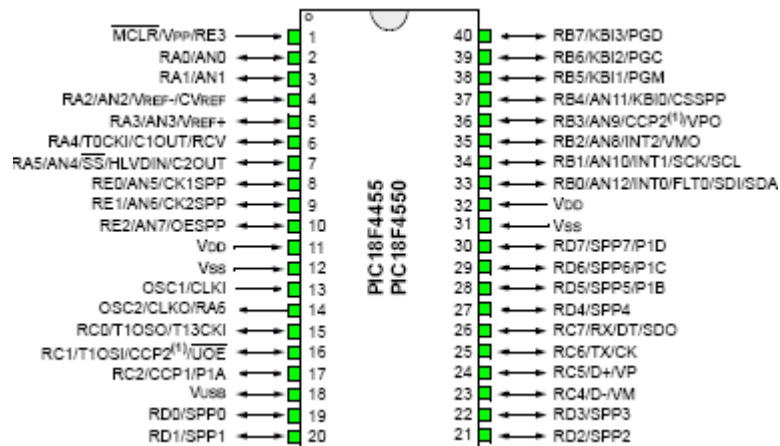
La realización de la comunicación del Pic y la PC mediante el puerto USB está desarrollada con el micro controlador pic18f4550, para ello el programa está desarrollado en el compilador Pic C que utiliza el lenguaje CCS.

Cabe mencionar que hay 4 principales tipos de comunicación o clases con el USB las cuales son:

- CDC ( Communications Devices Class)
- HID (Dispositivo de Interfas Humana, mouses,keypad,etc)
- BULK TRANSFERS USB( comunicación bidireccional masiva)
- MSD USB

Para el desarrollo del proyecto mediante el uso del pic18f4550 se implementa una comunicación bidireccional serie, *Communications Devices Class*, entre el PIC y el Software de la PC realizado en visual Basic que usa un puerto COM Serie estándar pero emulándolo vía USB 2.0 a full speed. Los datos son accesibles mediante este puerto COM virtual.

Una característica importante de este tipo de comunicación es que permite a los dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial.



**Fig. 2.7 pic18f4550**

*Características del PIC 18F4550 DIP*

- Interface **USB 2.0** de **alta velocidad 12Mbit/s**
- Tipo de memoria: **Flash**
- Memoria de programa: **32 Kb**
- CPU Speed (MIPS): **12**
- Memoria RAM: **2048 bytes**
- EEPROM: **256 bytes**
- Voltaje de operación: **2 a 5.5 V**
- Pines: **40**

Para ello se realiza los ajustes necesarios en el Firmware del PIC para que sea reconocido por el Windows como un dispositivo Serie estándar y lo registre como un puerto COM Virtual. Es necesario utilizar un recurso que nos provee Microchip: el driver.inf para Windows el mchpcdc.inf o el (Blaserdriver.inf) que será como un intermediario entre el pic y la Pc. Es quien define los VID&PID que se utilizara para que el pic pueda ser reconocido por Windows.

**Controlador Blaserdriver.inf**

```
[Version]

Signature="$Windows NT$"

Class=Ports

ClassGuid={4D36E978-E325-11CE-BFC1-08002BE10318}

Provider=%MCHP%

LayoutFile=layout.inf
```

DriverVer=08/17/2001,5.1.2600.0

Manufacturer]

%MFGNAME%=DeviceList

[DestinationDirs]

DefaultDestDir=12

[SourceDisksFiles]

[SourceDisksNames]

[DeviceList]

%DESCRIPTION%=DriverInstall, USB\VID\_0461&PID\_0033

;------

; Windows 2000/XP Sections

;------

[DriverInstall.nt]

CopyFiles=DriverCopyFiles

AddReg=DriverInstall.nt.AddReg

[DriverCopyFiles]

usbser.sys,,,0x20

[DriverInstall.nt.AddReg]

HKR,,DevLoader,,\*ntkern

HKR,,NTMPDriver,,usbser.sys

HKR,,EnumPropPages32,, "MsPorts.dll,SerialPortPropPageProvider"

[DriverInstall.nt.Services]

AddService=usbser, 0x00000002, DriverService

[DriverService]

DisplayName=%SERVICE%

ServiceType=1

StartType=3

ErrorControl=1

ServiceBinary=%12%\usbser.sys

-----

; String Definitions

-----

[Strings]

MCHP="cámara triaxial"

MFGNAME="USB CDC"

DESCRIPTION="JONNY"

SERVICE="USB"

### ***Controlador mchpcdc.inf***

; Windows USB CDC ACM Setup File

; Copyright (c) 2000 Microsoft Corporation

; Copyright (C) 2004 Microchip Technology Inc.

[Version]

Signature="\$Windows NT\$"

Class=Ports

ClassGuid={4D36E978-E325-11CE-BFC1-08002BE10318}

Provider=%MCHP%

LayoutFile=layout.inf

DriverVer=08/17/2001,5.1.2600.0

[Manufacturer]

%MFGNAME%=DeviceList

[DestinationDirs]

```
DefaultDestDir=12

[SourceDisksFiles]

[SourceDisksNames]

[DeviceList]

%DESCRIPTION%=DriverInstall, USB\VID_04D8&PID_000A

;-----
; Windows 2000/XP Sections
;-----

[DriverInstall.nt]

CopyFiles=DriverCopyFiles

AddReg=DriverInstall.nt.AddReg

[DriverCopyFiles]

usbser.sys,,,0x20

[DriverInstall.nt.AddReg]

HKR,,DevLoader,,*ntkern

HKR,,NTMPDriver,,usbser.sys

HKR,,EnumPropPages32,, "MsPorts.dll,SerialPortPropPageProvider"

[DriverInstall.nt.Services]

AddService=usbser, 0x00000002, DriverService

[DriverService]

DisplayName=%SERVICE%

ServiceType=1

StartType=3

ErrorControl=1

ServiceBinary=%12%\usbser.sys

;-----
```



; String Definitions

;------

[Strings]

MCHP="Microchip Technology Inc."

MFGNAME="Microchip Technology Inc."

DESCRIPTION="Communications Port"

SERVICE="USB RS-232 Emulation Driver"

### **VID&PID**

El VID es un número de 16 bits que significa Vendor Identification o código que identifica al fabricante del hardware a conectar. En nuestro caso si utilizamos el controlador que nos provee Microchip utilizamos el número 04D8h que identifica a Microchip.

El PID es un número de 16 bits que significa Product Identification o código que identifica al dispositivo en concreto hardware a conectar. En nuestro caso utilizamos el número 000Bh que identifica a la familia de los PIC18 de este fabricante.

### **Controlador**

Reside dentro del PC y es responsable de las comunicaciones entre los periféricos USB y la CPU del PC. Es también responsable de la admisión de los periféricos dentro del bus, tanto si se detecta una conexión como una desconexión. Para cada periférico añadido, el controlador determina su tipo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en las comunicaciones con el mismo. Si se producen errores durante la conexión, el controlador lo comunica a la CPU, que, a su vez, lo transmite al usuario. Una vez se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento.

### **FUNCIONES USB**

#### **usb\_init()**

Esta función inicializa el hardware del USB, se encuentra en un bucle infinito hasta que el conector usb es conectado al bus(puede estar enumerado o no por el HOST), Habilita y utiliza las interrupciones del USB.

### **usb\_task()**

Inicializa el periférico USB o resetea el USB stack y el periférico

Esta función esta siempre al tanto del SENSE pin( ejemplo: Pin RB2 en el 18F4550) para saber si el cable usb esta conectado o no, si está conectado inicializa el usb si es requerido, de lo contrario ( cable no conectado) desactiva el puerto usb del pic. Todo esto ocurre si el SENSE PIN esta declarado. Si el SENSE PIN no está declarado el hardware usb es iniciado de forma automática al conectar el cable usb al host.

### **usb\_cdc\_init()**

Sencillamente esta función configura el USB para que pueda ser usado por el puerto COM virtual. Tiene que ir al inicio.

Para los que han usado el puerto COM vía RS232, sabrán que se tiene que configurar parámetros de paridad, el USB\_CDC\_INIT() hace lo mismo.

### **usb\_enumerated()**

Retorna con un 1 lógico si el host enumera el dispositivo, una vez esto el pic puede enviar o recibir paquetes de datos por el puerto.

### **usb\_wait\_for\_enumeration()**

Se encierra en un bucle hasta que el PicUSB sea configurado por el host (para aplicaciones donde el pic hace otras cosas más es recomendable usar el usb\_enumerated())

### **usb\_cdc\_kbhit()**

Devuelve TRUE( 1 lógico) si hay uno o más caracteres recibidos y esperando en el búfer de recepción

### **usb\_cdc\_connected()**

Devuelve TRUE si hemos recibido una Set\_Line\_Coding. En la mayoría de los programas de terminal por puerto serie (como HyperTerminal), se enviará un Set\_Line\_Coding Mensaje cuando se inicia el programa y se abre el virtual Puerto COM. Esta es una forma simple para determinar si el PC está dispuesto a mostrar los datos en un programa de terminal serie.

### **usb\_cdc\_getc()**

Recibe datos de la PC en el buffer del PICUsb. Si usted no quiere a esperar en un bucle infinito, use usb\_cdc\_kbhit () primero para comprobar si hay datos antes de llamar a usb\_cdc\_getc ().

### **usb\_cdc\_putc()**

Transmite datos del PicUsb a la Pc

## La frecuencia del oscilador

A diferencia de los pic16 es posible usar cristales como por ejemplo desde 1MHz hasta 20MHz por decirlo así, en cambio en los 18F podemos manejar frecuencias de hasta 48MHz.

Los 18F poseen un PLL el cual el modulo PLL PRESCALER divide la frecuencia del oscilador que ingresa por OS1 y OS2 en 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, esto mediante a configuración de PLLDIV el cual funciona como un multiplexor, ejemplo si ponemos un cristal de 20MHz y configuramos PLLDIV 101 estaremos dividiendo FOSC entre 5 por lo que tendremos 4MHz a la salida del MUX.

Una vez elegido esto de la división de frecuencia del cristal, a la salida del MUX aparece un bloque que dice 96MHZ PLL, este modulo necesita de 4MHz como entrada para poder así dar 96MHZ como salida, una vez que tengamos los 96MHZ esta frecuencia no es ideal para trabajar con el modulo USB que contiene el PIC18F4550, por lo que será dividido entre 2, obteniendo hacia los 48MHZ que se necesitan para los USB. Ahora que ya tenemos 48MHz nos topamos con otro modulo que dice USBDIV el cual si es "1" deja pasar nuestros 48MHZ de lo contrario si es "0" deja pasar la frecuencia directa que viene de el OS1 y OS2, quiere decir que podemos entregar 48MHz al modulo USB del pic con un cristal real puesto en OS1 y OS2 o podemos obtener 48MHz del PLL y su prescaler. Finalmente queda FSEN sea 1 y listo logramos asignar los 48MHz a nuestro modulo USB 2.0. Sea cual fuera el caso de esta manera podemos inyectar 48MHz a nuestro modulo USB del PIC18F4550.

El PIC puede trabajar tanto a la misma frecuencia del USB 48MHz o de lo contrario a 20MHz, quiere decir que el modulo USB y el clock del PIC son independientes y pueden trabajar en distintas frecuencias.

## ¿Cómo configuro el clock del PIC18?

Debemos poner un cristal entre OS1 y OS2 en nuestro caso elegimos uno de 20MHz, en el diagrama arriba podemos ver que después del tigger que proviene del PRIMARY OSCILLATOR salen 3 rutas, la cual uno va al USBDIV y los otros 2 van a 2 módulos CPUDIV los cuales se diferencian en que uno divide entre 2,3,4,6 y solo es usado para cristales tipo HSPLL,ECPLL,XTPLL,ECPIO los cuales obtienen la frecuencia directo del PLL es decir obtienen la frecuencia de 48MHz y mediante este MUX puede obtener frecuencias de 24MHz,16MHz,6MHz y 4MHz que van ir directo al clock ,previa configuración y asignación respectiva.

Mientras que el otro modulo CPUDIV maneja cristales del tipo XT, HS, EC, ECIO los cuales son obtenidos directamente del mismo cristal real, este mux también puede dividir la frecuencia que tiene a su entrada en factores de 1, 2, 3 y 4

ejemplo si asignamos 011 a CPUDIV este dividirá la frecuencia de nuestro cristal de 20MHz entre 5 y obtendremos 4MHz. Bien como vemos tenemos dos módulos CPUDIV los cuales uno puede obtener la frecuencia directamente del PLL y el otro directo del cristal bien ahora la pregunta es como elegimos cual , bueno esto lo hacemos mediante el registro FOSC3:FOSC0 y elegimos que modulo CPUDIV usar y con esto podemos asignar finalmente el clock de procesos

para nuestro PIC si antes también si notamos podemos entregar esta frecuencia a nuestro modulo USB pues vemos un modulo que divide entre 4 y lo manda a FSEN el cual si fuera 0 asigna nuestra frecuencia de lo contrario la que viene del USBDIV.

## PIC18F2455/2550/4455/4550

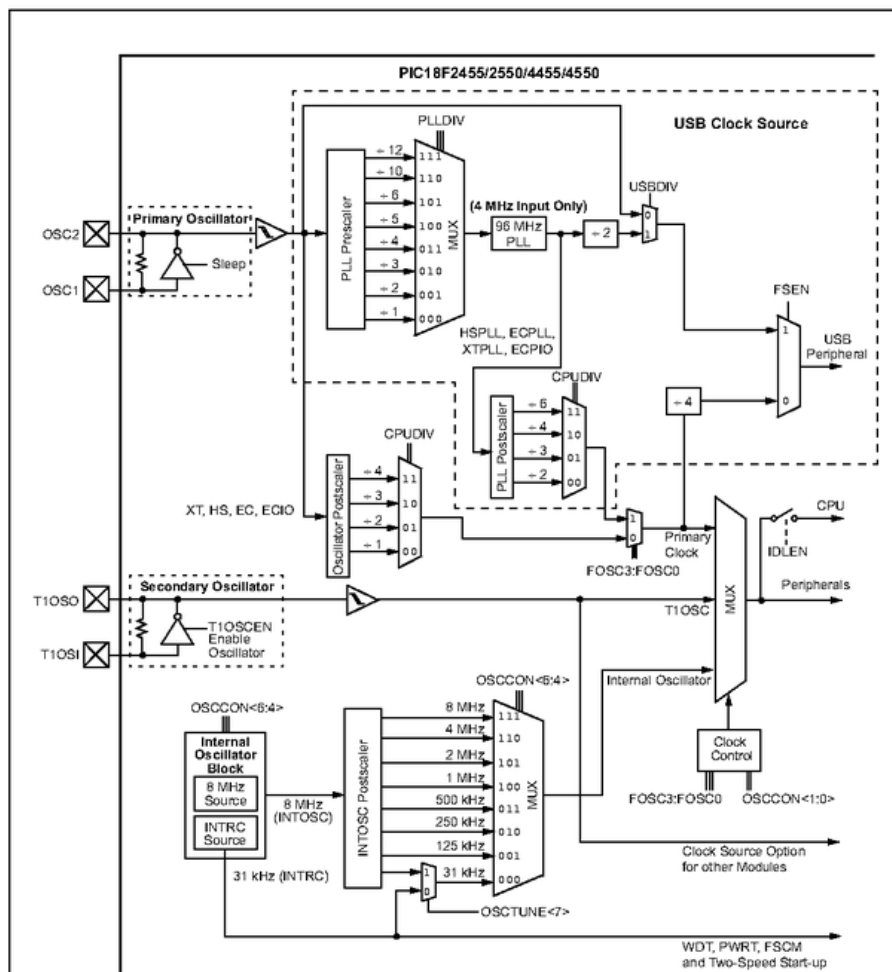


Fig. 2.7.1 selección de la frecuencia del pic18f4550

Cabe recalcar que podemos trabajar a una frecuencia determinada para nuestro modulo USB y otra para el clock del CPU del pic, es decir frecuencias separadas.

**#fusesHSPLL, NOWDT, NOPROTECT, NOLVP, NODEBUG, USBDIV, PLL5, CPUDIV1, VREGEN, NOPBADEN**

si tenemos un cristal real de 20Mhz podemos empezar declarando los fuses de nuestros PIC de la siguiente manera incluyendo el cristal:

En donde:

HSPLL: Utilizamos un cristal de alta velocidad  $\geq$  a 4MHZ en conjunto con el PLL de nuestro pic.

NOWDT: No vamos utilizar el perro guardián

NOPROTECT: Desactivamos la protección del código

NOLVP: Desactivamos la programación a bajo voltaje.

NODEBUG: Modo debug desactivado.

USBDIV: significa que el clock del usb se tomará del  $PLL/2 = 96Mhz/2 = 48Mhz$ .

PLL5: significa que el PLL prescaler dividirá en 5 la frecuencia del cristal. Para HS =  $20Mhz/5 = 4Mhz$ (los 4Mhz son necesarios para que el PLL puesta trabajar con 48MHZ, por eso la división del cristal real de 20Mhz entre 4).

CPUDIV1: El PLL postscaler divide en 2 la frecuencia de salida del PLL de 96MHZ, si queremos 48MHZ, lo dejamos como está (esto quiere decir que el clock de nuestro pic trabajara con 48Mhz)

VREGEN: habilita el regulador de 3.3 volts que usa el módulo USB.

#### Programa para el pic18f4550

```
#include <18f4550.h>

#fuses hsppll,nowdt,nomclr,noprotect,nolvp,nodebug,usbdiv,pll5,cpudiv1,vregen

#use delay(clock=48M)           // clock a 48Mhz

#include <usb_cdc.h>             // declaro librerias USB

#include <usb_desc_cdc.h>       // Descriptores del dispositivo USB.

//***** Configuración y declaraciones *****

#define ledv PIN_E0             // asignando etiquetas a el pinb6

#define ledr PIN_E1

#define ledon output_high      // asignando etiquetas a la funcion output

#define ledoff output_low

float data,dato1,dato2,k;

void main(){ // inicio del codigo

    set_tris_a(0);

    set_tris_d(0);

    set_tris_b(255);
```

```

output_a(0);

//***** CONFIGURAR EL HOST Y VISUALIZAR MEDIANTE LEDS*****//

ledoff(ledv);           // enciendo el led rojo yq aun no detecta el host

ledon(ledr);

usb_cdc_init();

usb_init();             // inicializamos el USB

usb_task();            //habilita periferico usb e interrupciones

usb_wait_for_enumeration(); //esperamos hasta que el PicUSB sea configurado por el host

ledoff(ledr);          // encendemos el led verde

ledon(ledv);

//***** FIN DE VISUALIZAR LOS LEDS *****//

// ***** INICIO DEL PROGRAMA *****

while(!usb_cdc_connected()){           // espera a detectar una transmisión de la PC
(Set_Line_Coding).}

while(true){

usb_task();

if(usb_enumerated()){                 //retorna verdadero si el dispositivo esta enumerado

if(usb_cdc_kbhit()){                  // en espera de un nuevo caracter en el buffer de recepcion

data=usb_cdc_getc();

if(data=='1'){ // ¿ si se presiona el caracter 1?

output_toggle(PIN_A0);} // Led 1.

if(data=='2'){ // si se presiona el caracter 2?

output_toggle(PIN_A1);} // Led 2.

if(data=='3'){ // ¿ si se presiona el caracter 3?

output_toggle(PIN_A2); } // Led 3.

if(data=='4'){ // ¿ si se presiona el caracter 4?

output_toggle(PIN_A3);} //Led 4.

if(data=='5'){ // ¿ si se presiona el caracter 5?

output_toggle(PIN_A4);} // Led 5.

```

```

if(data=='6'){ // ¿ si se presiona el caracter 6?

    output_toggle(PIN_A5); // Led 6.

if(data=='7'){ // ¿ si se presiona el caracter 7?

    output_toggle(PIN_A6); // Led7.

if(data=='8'){ // ¿ si se presiona el caracter 8?

    output_A(0); } // apaga todo

if(data=='a'){ // ¿l llegó el caracter a?

    output_A(255); } // prende todo

    usb_cdc_putc(data);

    dato1=input_b();

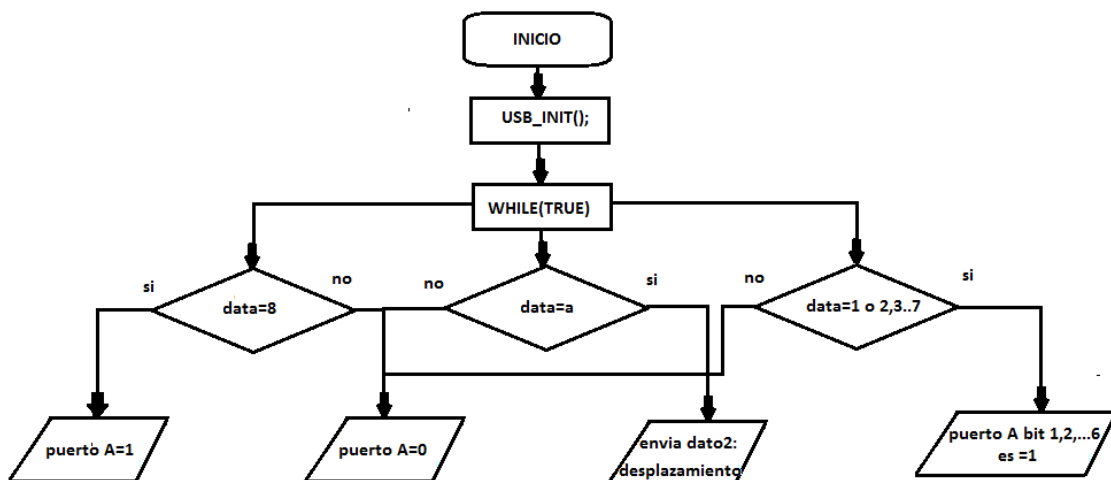
    dato2=dato1

    printf(usb_cdc_putc,"temperatura=:%4.5f",dato2)

} } }

```

Este programa realiza la comunicación del pic a la PC al ser presionados los números del 1-7, al enviar el número 1 en el programa realizado en visual basic la PC manda a encender el puerto A bit 0, al mandar el numero 2 el bit 1 del puerto A es encendido así hasta el bit 6, si es vuelto a presionar mandar un numero, si el led correspondiente esta encendido esta se apagara. El numero 8 manda a pagar todo el puerto A, y si se envía el carácter (a) manda a encender todo el puerto A. y el resultado de la conversión que llega es impreso en pantalla mediante la letra (a).El primer dato será impreso, después del segundo dato se imprimirá el dato anterior y el dato actual.



**Fig. 2.7 diagrama de flujo**

## 3. DESARROLLO

### 3.1 PROCESOS DE LA PRUEBA TRIAXIAL.

Las pruebas de resistencia en laboratorio miden la resistencia del suelo a fin de calcular su capacidad de carga, la resistencia a los empujes laterales de la propia tierra y la estabilidad de los taludes. La resistencia de las arenas se mide por medio de pruebas triaxiales y directas de esfuerzo cortante. Todas las pruebas, salvo la triaxial, se realizan en condiciones no drenadas y se aproximan a las condiciones de carga rápida del terreno, como sucede con la mayoría de las cimentaciones y excavaciones para construcción. Las pruebas triaxiales permiten realizar los estudios bajo condiciones no drenadas, consolidadas no drenadas y consolidadas drenadas. Las pruebas que se realizan en condiciones drenadas sirven para conocer factores como la estabilidad bajo un terraplén después de haber disipado las presiones excesivas en los poros.

### 3.2 ENSAYO EN EL LABORATORIO.

Su principal finalidad es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho o goma, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal ó axial ( $\sigma_1$ ), sin modificar la presión lateral aplicada ( $\sigma_3$ ), hasta que se produzca la falla.

**TIPO DE PRUEBA1: MODALIDAD: RAPIDO CON ESCALONAMIENTO DE PRESIONES DE CONFINAMIENTO.**

El ensayo permite estimar los valores del intercepto cohesivo “c” y el ángulo de fricción interna “ $\phi$ ”, siendo éstos los parámetros resistentes del suelo ensayado.

Antes de realizar la prueba triaxial se debe contar con los materiales necesarios y las mediciones correspondientes de la muestra a la que se pretende someter al proceso esfuerzo – deformación.

#### **EQUIPO NECESARIO**

1. Equipo de ensayo triaxial: el equipo de ensayo triaxial utilizado para realizar el ensayo rápido con escalonamiento de presiones de confinamiento consta de las siguientes partes:

\*Cámara triaxial: está conformada por un cilindro, una base y una tapa. El cilindro está construido con un material transparente que puede soportar altas presiones internas, la base es metálica y posee tres conexiones al exterior con sus correspondientes válvulas y la tapa, también metálica, posee una válvula de purga de aire.



\*Prensa de compresión: es de accionamiento mecánico y posee un dispositivo que permite variar la velocidad con que se aplica la carga vertical sobre la probeta.

\*Sistema para aplicar la presión de confinamiento: consiste fundamentalmente de dos partes: un compresor de aire que es accionado eléctricamente y posee un tanque de reserva de aire comprimido y un tanque intermediario en donde la presión de aire es transmitida al agua que se utiliza para llenar la cámara triaxial y aplicar la presión de confinamiento.

\*Elementos de medición: los mismos se utilizan para medir la presión de confinamiento y vertical aplicadas sobre la probeta, como así también el acortamiento que sufre la misma durante la ejecución del ensayo. La presión de cámara se mide mediante un manómetro analógico, la presión vertical mediante una célula de carga eléctrica y el acortamiento de la probeta mediante un extensómetro analógico.

2. Balanza con una precisión de 0.01 g.

3. Calibre.

4. Horno de secado.

5. Elementos menores: moldeador de probeta, cuchillo, membrana, colocador de membrana, bandas elásticas y pesafiltro, entre otros.

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Moldeo de la probeta: para este ensayo se utilizará una probeta de suelo cohesivo compactado mediante el procedimiento del ensayo Harvard miniatura.

2. Una vez moldeada la probeta, pesar y medir el diámetro y la altura de la misma, obteniendo "Po", "Do" y "Ho" correspondientemente.

3. Montaje de la probeta: colocar la probeta sobre el cabezal inferior, localizado en la base de la cámara triaxial, y luego el cabezal superior. A continuación colocar la membrana y las bandas elásticas. Para colocar la membrana se recurre al auxilio de un dispositivo especial que permite expandir la membrana y ubicarla sobre la probeta minimizando de esta forma la perturbación de la misma. Para asegurar el correcto aislamiento entre la probeta y el líquido de la cámara triaxial, deben colocarse bandas elásticas que ajusten la membrana contra los cabezales inferior y superior.

4. Armado de la cámara triaxial: luego de montada la probeta, proceder a colocar el cilindro transparente y la tapa de la cámara triaxial, ajustando luego las tuercas de los tensores en forma uniforme.

5. Colocar a continuación el pistón de carga de manera que quede perfectamente alineado con el cabezal superior de la probeta.

6. Llenar la cámara triaxial con agua abriendo la válvula que conecta la base de la cámara con el tanque intermediario, dejando abierta la válvula de la tapa que permite la salida del aire hasta que por la misma salga agua.

7. Coloca la célula de carga entre el pistón de carga y el vástago de la prensa.
8. Accionar la prensa hasta que el pistón de carga toque el cabezal superior de la probeta, deteniéndola en el momento justo en que se comience a registrar aumento de carga sobre la probeta.
9. Montar el extensómetro que medirá las deformaciones axiales de la probeta, colocándolo en lectura cero.
10. Incrementar lentamente la presión de cámara hasta alcanzar el valor correspondiente al primer escalón de carga "C1".
11. Registrar la lectura de la célula de carga.
12. Comenzar a aplicar la carga axial con una velocidad constante igual a 1 % de deformación axial de la probeta por minuto.
13. Cada 0,10 mm de deformación axial, registrar el valor de la carga. Continuar el ensayo hasta que la carga aplicada tienda a permanecer constante, en este punto detener la aplicación de la carga.
14. Disminuir la carga axial hasta volver a la lectura de carga cero, en este punto registrar el valor de la deformación axial indicada en el extensómetro.
15. Aumentar lentamente a presión de cámara al valor escogido para el segundo escalón de carga "C2".
16. Repetir los pasos 11 a 14
17. Aumentar lentamente a presión de cámara al valor escogido para el tercer escalón de cargas "C3".
18. Repetir los pasos 11 a 13 con la diferencia que ahora se debe continuar el ensayo hasta que se produzca la rotura de la probeta. Si el suelo de la probeta presenta un comportamiento de pico en el diagrama tensión-deformación, la rotura se manifiesta porque se produce un descenso brusco en la carga axial aplicada. En caso contrario, la carga continuará aumentando lentamente debiéndose llegar en este caso al 20 % de deformación axial.
19. Disminuir lentamente la presión de cámara y evacuar el agua de la cámara hacia el tanque intermediario.
20. Desarmar la cámara triaxial y desmontar la probeta.
21. Observar el tipo de rotura y esquematizarlo.
22. Con una porción de suelo de la probeta determinar la humedad de la misma.

### 3.3 CÁLCULOS Y REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### Cálculos:

Los valores que se deben registrar durante la realización del ensayo son los siguientes:

#### ***Antes de montar la probeta en la cámara triaxial:***

**Po:** Peso inicial de la probeta.

**Do:** Diámetro inicial de la probeta.

**Ho:** Altura inicial de la probeta

#### ***En cada escalón de carga:***

**ci:** Presión de confinamiento.

**Hi:** Altura inicial de la probeta.

**rHi:** Deformación axial de la probeta en cada punto de interés, obtenida del extensómetro correspondiente.

**Pi:** Carga axial sobre la probeta correspondiente a cada lectura Li, obtenida de la célula de Carga.

**EHf:** Deformación axial de la probeta al retornar la carga a cero al finalizar el primero y Segundo escalón de carga. Al finalizar el ensayo:

**Wf:** Humedad final de la muestra. Con estos valores calcular:

#### ***Superficie inicial de la probeta:***

$$A_o = EHF * D_o / 4$$

Deformación axial unitaria expresada en porcentaje

$$Q_i = H_i / H_i * 100$$

a) Superficie transversal en cada punto de interés:

$$A_i = A_o / (1 - Q_i)$$

1- Tensión desviadora en cada instante:

$$p_i = P_i / A_i$$

1- Tensión principal menor:

$$p_{i3} = C$$

## Resultados

Con los valores antes calculados se deben realizar los siguientes gráficos:

- Curva tensión – deformación: graficando en los valores de “ $Q_i$ ”, en el eje “x”, y “ $p_i$ ”, en el eje “y”.
- Círculos de Mohr: utilizando los valores de “ $p_i$ ” y “ $1_{max}$ ” para cada escalón de carga.
- Sobre este último gráfico trazar la envolvente de falla y estimar los parámetros resistentes.

*Tipo de prueba*2: MÉTODO SIN MEDICIÓN DE PRESIÓN DE POROS.

### EQUIPO NECESARIO

Máquina de compresión, provista de un sistema de lectura de cargas y deformaciones de 0,01 mm. de precisión.

\*Cámara triaxial. Equipo compuesto de un pistón, un tubo de cristal o cámara de presión y conexiones para producir en la muestra vacío, presión, saturación o drenaje por medio de válvulas de paso (figuras 3.11. y 3.12.).

\*Membrana de caucho o goma.

\*Un moldeador de muestra o expansor de membrana.

\*Bomba de vacío y fuente de presión.

\*Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} C$ .

\*Herramientas y accesorios. Recipientes plásticos, cuchillo de moldeo, equipo compactador Harvard, placas base, piedras porosas, espátula, compactador de muestras y cronómetro.

### PROCEDIMIENTO

\*Preparación de muestra de suelo no cohesivo. Se acopla la placa base inferior a la base de la cámara triaxial y se monta la membrana de caucho, utilizando para sellar la unión, bandas de caucho o sellos de aro. Dentro de la membrana, se coloca la piedra porosa inferior y se instala el moldeador de muestra alrededor de la membrana. Si es posible, utilizar un expansor de membrana en vez del moldeador para hacer más fácil el proceso.

Se deposita cuidadosamente la arena dentro de la membrana, utilizando un compactador, para mantener la forma y densidad de la muestra. Una vez alcanzada la altura de la probeta, se colocan la piedra porosa y la placa base superior, enrollando hacia esta última la parte de membrana que queda fuera del molde, sellándola de la misma forma que en la parte inferior. Con un pequeño nivel, se debe verificar que la placa base superior se encuentre totalmente horizontal.

Se realizan las conexiones de las placas base a la base de la cámara triaxial y se aplica un vacío de 200 a 250 mm de mercurio a la muestra. Se retira el molde o el expansor de membrana y se examina que la membrana de caucho no presente filtraciones, de lo contrario tendrá que prepararse una nueva muestra. Finalmente, se determinan 4 medidas de altura de la probeta, separadas aproximadamente cada 90° y lecturas de diámetro en la parte superior, media e inferior.

Preparación de una muestra de suelo cohesivo. La compactación de las probetas se realiza en los moldes de compactación Harvard miniatura, siguiendo un procedimiento similar al utilizado en el ensayo Proctor, pero empleando un pisón miniatura. Se prepara una muestra que cumpla con la relación L/D ( $2 < L/D < 3$ ) y una vez terminada, con un cuchillo se escuadran sus extremos y se determinan las medidas de altura y diámetro.

Luego se fija la membrana al expansor de membrana, dejando una holgura de  $\pm 3$  mm con respecto al diámetro de la probeta y se lubrica suavemente el interior de la membrana para facilitar la colocación de la muestra. Se podrá utilizar vaselina de petróleo, polvo de teflón o sólo humedecer con agua para la lubricación.

Se acopla la placa base inferior a la base de la cámara triaxial y se coloca la piedra porosa. Se coloca el conjunto del expansor y la membrana de caucho sobre la placa y se inserta la muestra dentro de ella. Se realiza la fijación inferior, se colocan la piedra porosa y la placa base superior, sellando el excedente de membrana hacia la placa y se verifica el nivel de ésta.

Finalmente, se retira el expansor de membrana y se realizan las conexiones de las placas base a la cámara triaxial. Para estos suelos no se aplica vacío para verificar posibles filtraciones.

- Aplicación de presiones. Se coloca el tubo de cristal sobre la base de la cámara triaxial, logrando un sello completamente hermético y se la lleva a la máquina de compresión, haciendo un ligero contacto entre la barra de carga de la máquina y el pistón de carga de la cámara.

Posteriormente, se aplica una presión de confinamiento ( $\sigma_3$ ) predeterminada, por medio de aire comprimido, abriendo luego la válvula de salida o drenaje para verificar que no exista presión de aire (que indicaría que existen filtraciones en la muestra por lo que se tendría que volver a iniciar).

Ante el contacto entre el pistón de la cámara y la barra de carga de la máquina al aplicar  $\sigma_3$ , el lector de carga habrá registrado cierta medición, por lo que deberá llevarse a cero.

Se ajusta el lector de deformación, se determina la velocidad de carga de la máquina (0,5 a 12,5 mm/min) y se prende ésta, tomando simultáneamente las lecturas de deformación, tiempo y carga, en las siguientes divisiones del lector de deformación: 5, 15, 25, 50 y de aquí en adelante cada 50 o 100 divisiones hasta que suceda uno de los siguientes casos:

- la carga aplicada disminuye,

- la carga aplicada se mantiene constante por 4 lecturas o

- la deformación sobrepasa el 20% de la deformación unitaria previamente calculada.

Luego que falle la muestra, apagar la máquina, soltar la presión del equipo y remover la muestra, para realizar 2 a 3 ensayos adicionales, con diferente presión ( $\sigma_3$ ).

- Variaciones en el procedimiento según alternativa de ensayo.

- En un ensayo triaxial UU, la válvula de drenaje se mantiene cerrada en todo el ensayo y antes de que la muestra tenga posibilidades de consolidarse. El ensayo comienza inmediatamente aplicada la presión de confinamiento. Este procedimiento no podrá realizarse para un suelo cohesivo 100% saturado.

- En un ensayo triaxial CU, se mantiene la válvula de drenaje abierta al aplicar la presión de confinamiento. Al terminar la consolidación, se cierra la válvula y se aplica la presión axial ( $\sigma_1$ ).

- En un ensayo triaxial CD, se mantiene la válvula de drenaje abierta durante todas las fases del ensayo. La presión axial deberá ser aplicada a una velocidad más baja que las anteriores, de modo de evitar que los resultados se vean afectados por la presión de poros.

- En caso de saturar la muestra para ensayarla, una vez aplicada la presión de confinamiento se abre la válvula de paso. Este proceso es lento, especialmente en suelos cohesivos, donde es posible aplicar una presión positiva menor que  $\sigma_3$  (ejemplo  $\sigma_3 / 2$ ) al recipiente que contiene el agua, de modo de acelerar la saturación.

Cálculos y gráficos.

- Obtener densidad, humedad y grado de saturación de la muestra a ensayar.

- Calcular la altura inicial ( $L_0$ ) de la probeta, como la media aritmética de las lecturas realizadas.

- Calcular el diámetro (D) de la probeta:

$$D = (d_i + 2 * d_m + d_s) / 4 \quad (\text{cm})$$

Donde:  $d_i$  = diámetro inferior (cm.)

$d_m$  = diámetro medio (cm.)

$d_s$  = diámetro superior (cm.)

- Calcular el área (A) y el volumen (V) de la probeta:

$$A = \pi * (D/2)^2 \quad (\text{cm}^2) \quad \text{y} \quad V = A * L_0 \quad (\text{cm}^3)$$

- Calcular la deformación unitaria ( $\epsilon$ ) para cada aplicación de carga, mediante la expresión:

$$\epsilon = \Delta L / L_0$$

Donde:  $\Delta L$  = variación de altura de probeta (cm.)

- Calcular el área corregida ( $A_c$ ) para cada aplicación de carga, mediante la expresión:

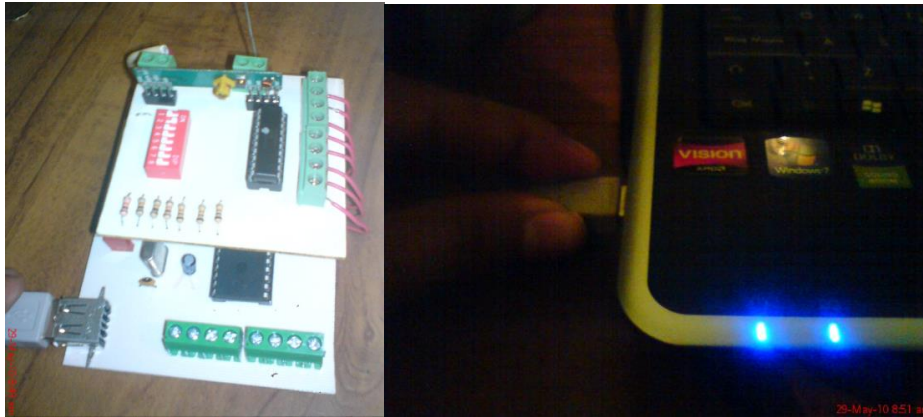
$$A_c = A / (1 - \epsilon) \quad (\text{cm}^2)$$

- Calcular el esfuerzo desviador ( $\sigma_c$ ) para cada unidad de área, mediante la expresión:

$$\sigma_c = P / A_c \quad (\text{kgs/cm}^2)$$

### 3.5 INSTALANDO EL DISPOSITIVO USB.

La etapa de comunicación USB para este proyecto sea utilizado el pic correspondiente que ya se ah dicho anterior mente el pic18f4550. Para iniciar la comunicación con la PC, primero este lo debe de reconocer como un dispositivo, para ello es necesario un controlador que sera el intermediario para que la PC identifique al pic.

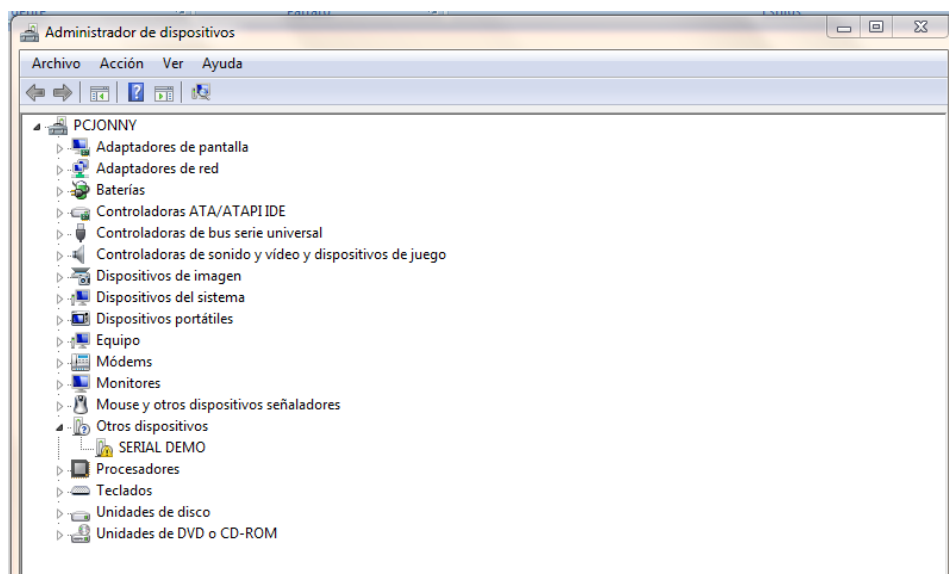


**Fig.3.5** *conneccion del dispositivo*

Una vez programado el microcontrolador, se conecta el cable USB a la placa y a la PC

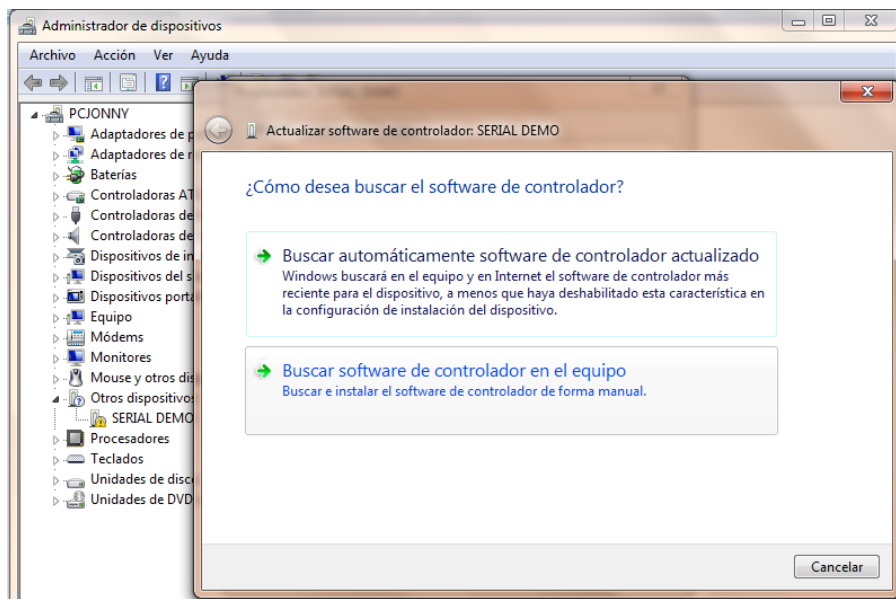
Cuando el dispositivo sea conectado por primera vez, se le debe instalar el controlador correspondiente para el Pic.

En el administrador de dispositivos vemos que el dispositivo tiene el nombre de serial demo, pero ahun hace falta instalar el controlador, una vez conectado el sistema intentara buscar un controlador aduacuoado para este, debemos seleccionarlo manual mente buscando nustro controlador que hemos realizado.



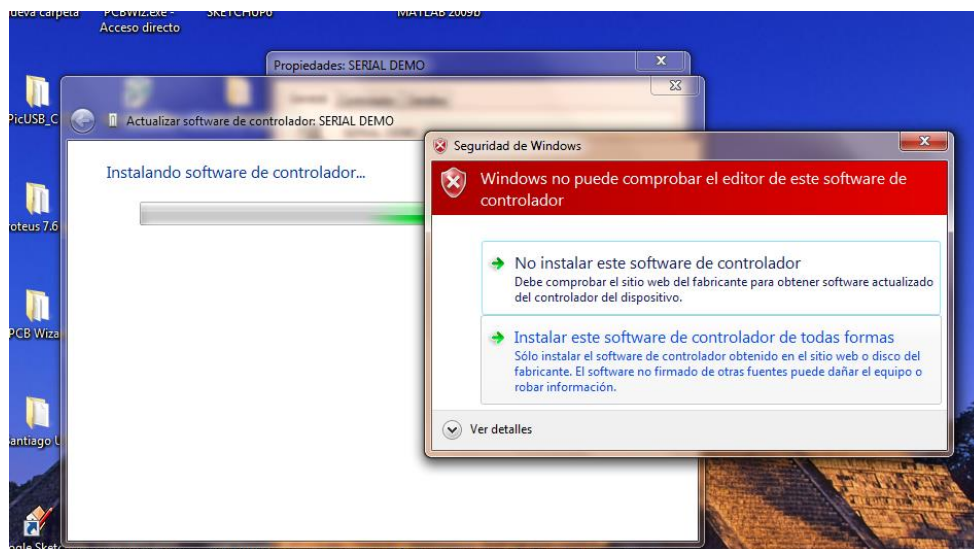
**Fig. 3.5.1** *administrador de dispositivos*

Le damos click derecho en el dispositivo serial demo y nos vamos a propiedades buscando instalar un nuevo controlador.



**Fig. 3.5.2 selección de software**

Buscar el software manual mente, en la carpeta donde tenemos nuestro controlador.

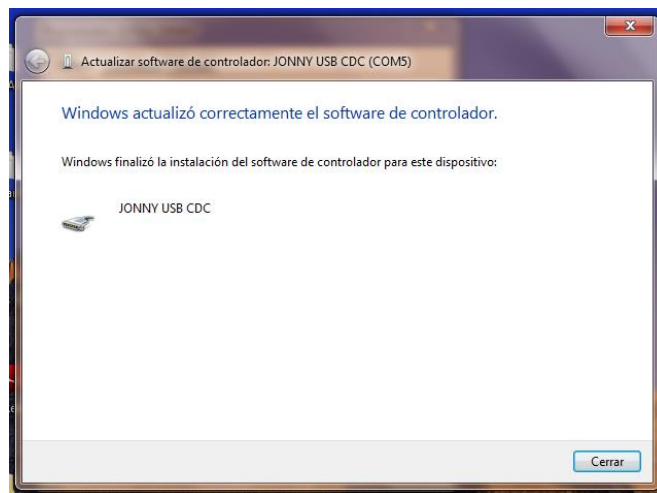


**Fig.3.5.3 instalacion del controlador**

El dispositivo o la interfaz USB que hemos realizado, en este ejemplo fue instalado en un sistema windos 7 a 64 bits, pero tambien puede ser reconcido en cualquier otro sistema ya sea a 32 o a 64 bits. Esto se debe a que el controlador que hemos realizado para el microcontrolador tiene esa capacidad de poder trabajatr a 64 y a 32 bits para poder ser instalado en los respectivos sistemas operativos.

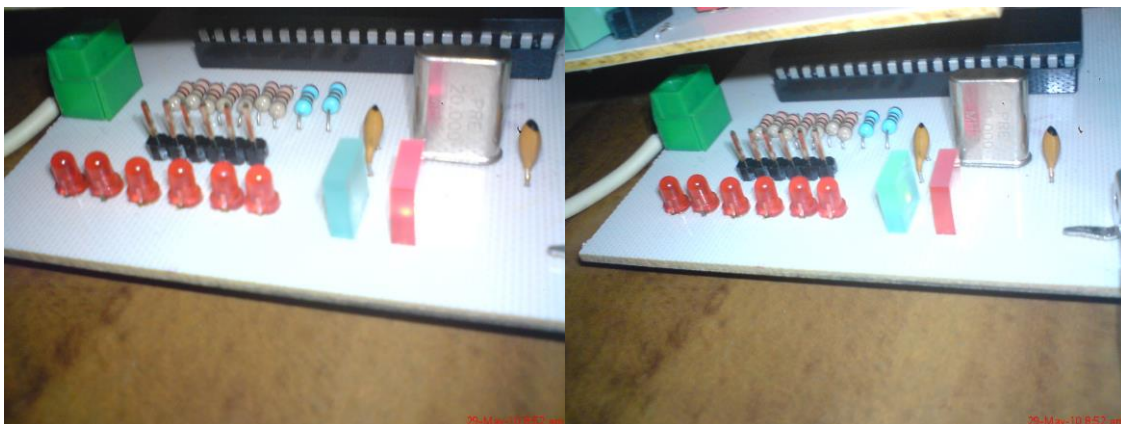


La instalacion de nuestro controlador fue exitosa, ahora ya podemos realizar la comunicaci3n.



**Fig.3.5.4 final de la instalacion del dispositivo.**

Una vez instalado y reconocido el dispositivo USB, en la placa lo indicara los leds rojo que significa que se a conectado el dispositivo y esta en espera de ser enumerado y un led verde al momento de ser detectado y enumerado se encendera para iniciar la comunicaci3n.



**Fig.3.5.5 led visualizadores**

Los led que se encuentran frente al cristal de de 20 Mhz son los que indican que sea detectado el dispositivo.

En el administrador de dispositivos se podra ver que el dispositivo fue reconocido y enumerado dandole un puerto COM5 , por ser la clase USB CDC.



**Fig.3.5.6 reconocimiento en el administrador de dispositivos**

### 3.6 PROGRAMA REALIZADO EN VISUAL BASIC 2008.

Mediante un programa realizado en Visual Basic 2008 se realiza la visualización de los datos que por el puerto USB. En el momento que es conectado en la placa serán visualizadas los led de que indican si la él modulo fue detectado o no por la PC. Un le rojo indicando que aún no se ha detectado y el led verde que la PC y a reconocido el dispositivo USB y se encuentra a conectado.

Este es el entorno grafico del programa, cuando ya hallásemos conectamos el dispositivo USB, se selecciona el puerto COM que la PC le haya asignado al dispositivo USB y seleccionamos el botón conectar y la pequeña luz roja se pondrá de color verde cuando se halla conectado.

Para visualizar las mediciones coloca el carácter (a) y presionamos el botón Enviar, de esta forma se encuentra programado el micro controlador. Enseguida en pantalla se visualizaran los datos del sensor recibidos.

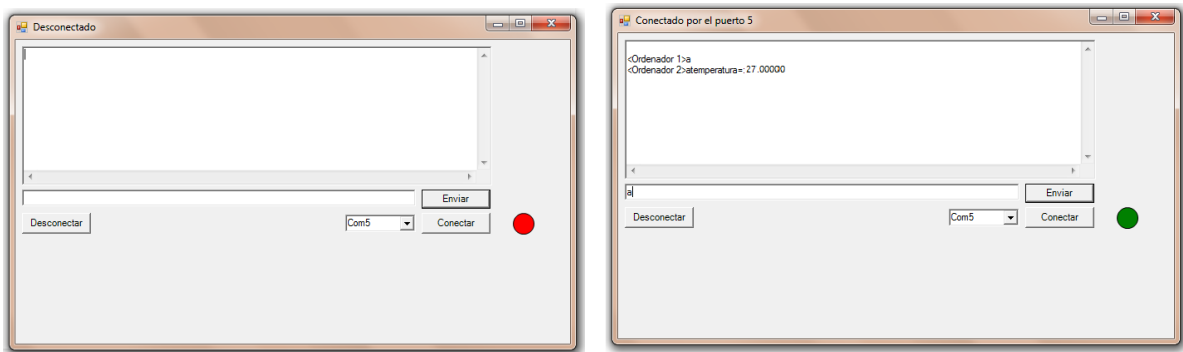


Fig. 3.5.7 programa visual Basic

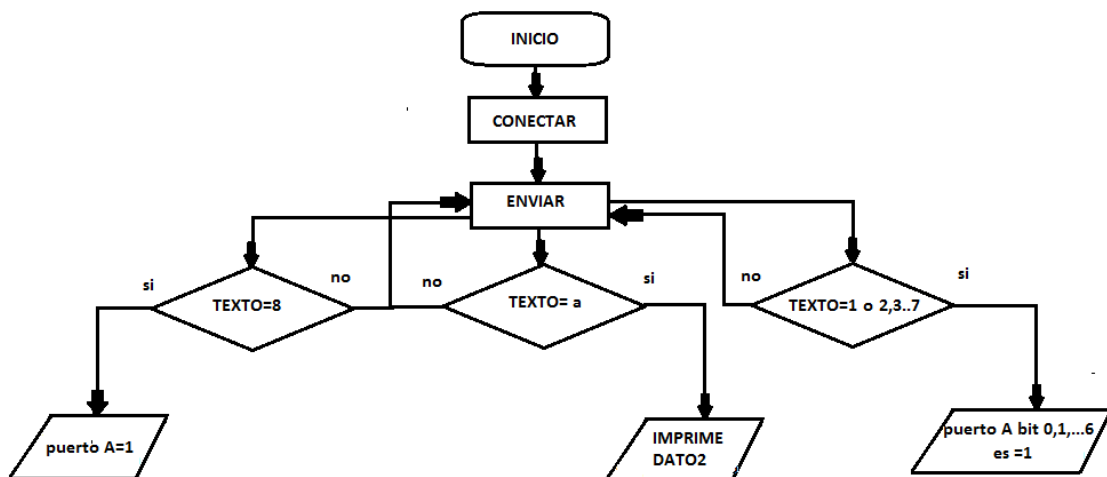


Fig. 3.5.8 diagrama de flujo del programa en visual Basic

### 3.7 GENERADOR DE INF PARA LOS DRIVERS USB DE MICROCHIP

En la serie 18F de uC PIC de Microchip, hay unos micros que poseen módulos de USB, los primeros micros con modulo USB que salieron al mercado fueron la familia 18Fxx5x. Estos módulos son de gran importancia en el acontecer actual porque el USB se encuentra en la mayoría de los dispositivos electrónicos que requieren comunicarse externamente.

Comunicar un uC PIC con un dispositivo por USB, conlleva una compleja y estructurada red de protocolos que por lo general lleva escribir gran cantidad de líneas de programación al que agrupan y/o denominan Pila o Stack USB.

Por otro lado y dependiendo de las características de la transmisión, es necesario configurar un driver del lado del ordenador -a fin de que el sistema operativo S.O. reconozca al pic como un dispositivo de transacción de datos-

Para que el driver sea configurado correctamente, el ordenador requiere de una secuencia de datos con información relativa al dispositivo, esta secuencia de datos se encuentran organizadas sintácticamente en el archivo instalador .inf

A nivel de usuario, se resume a 5 los datos para personalizar nuestros archivos instaladores .inf. Estos datos son:

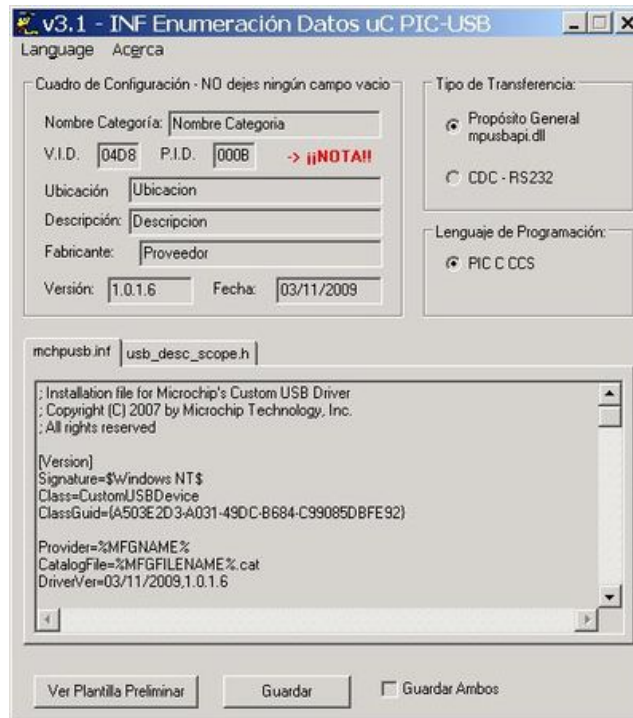
- Nombre
- VID
- PID
- Fabricante
- Descripción

#### Descripción del Software

Automatización de datos Enumeración USB es un programa que permite introducir datos como Nombre, VID, PID, Fabricante, Descripción, entre otros para configurar el instalador que necesita el Windows cuando conectamos el dispositivo por primera vez.

Esta identificación se muestra al momento de instalación y cuando accedemos al administrador de dispositivos en Windows.

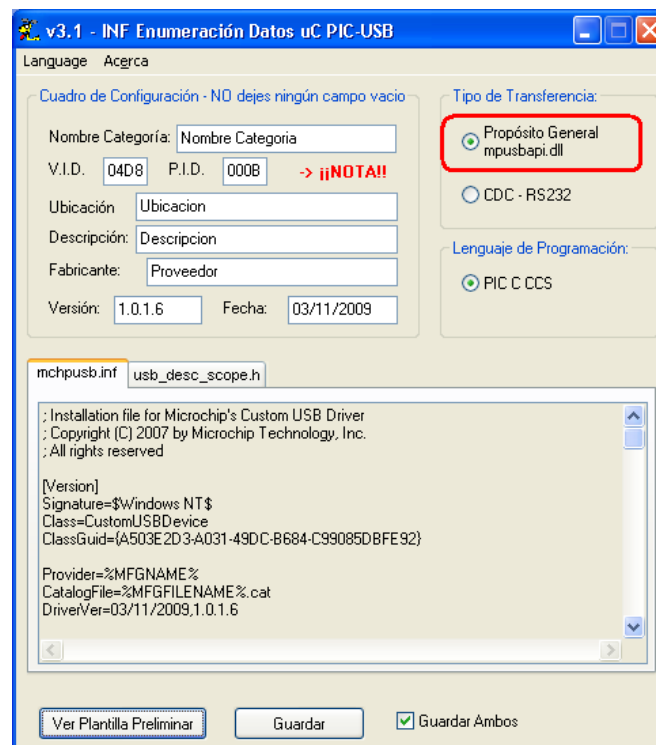
Hay 2 modos de creación de drivers, el modo de transmisión **BULK** para controlar las transacciones con **MCHPUSB.DLL** y mediante la clase **CDC** (que es reconocido por Windows por ser un estándar). Para personalizar nuestros datos en el Firmware del **uC PIC** se usa el stack **USB** que provee el PIC C Compiler de **CCS**, dichos datos corresponden al descriptor de descripción tipo 3



Ventana principal del Generador INF

## Personalizando e instalando mchpush.inf

1.- El primer paso es introducir los datos personalizados en INF Enumeración Datos uC PIC-USB.

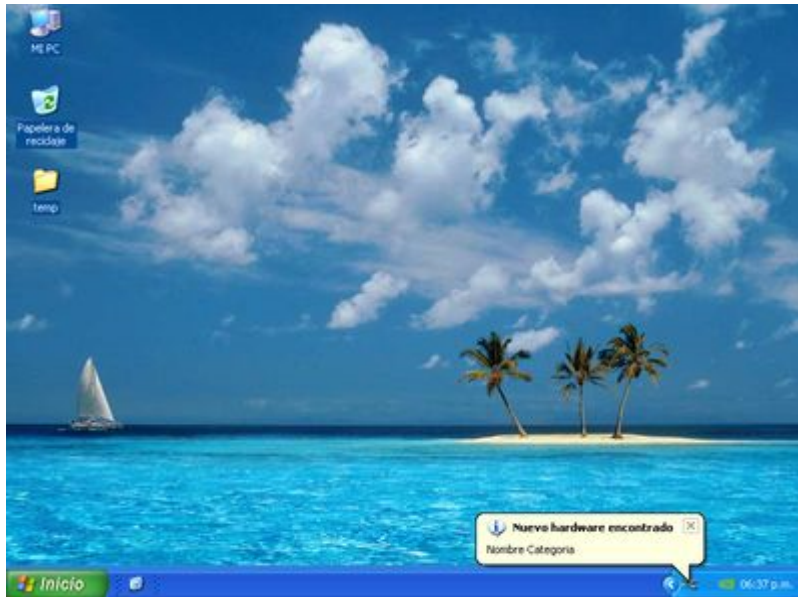


2.- Una vez creados y guardados los archivos respectivos mchpubs.inf y usb\_desc\_scope.h, se procede a compilar el firmware y grabarlo en el microcontrolador uC PIC que posea módulo USB.

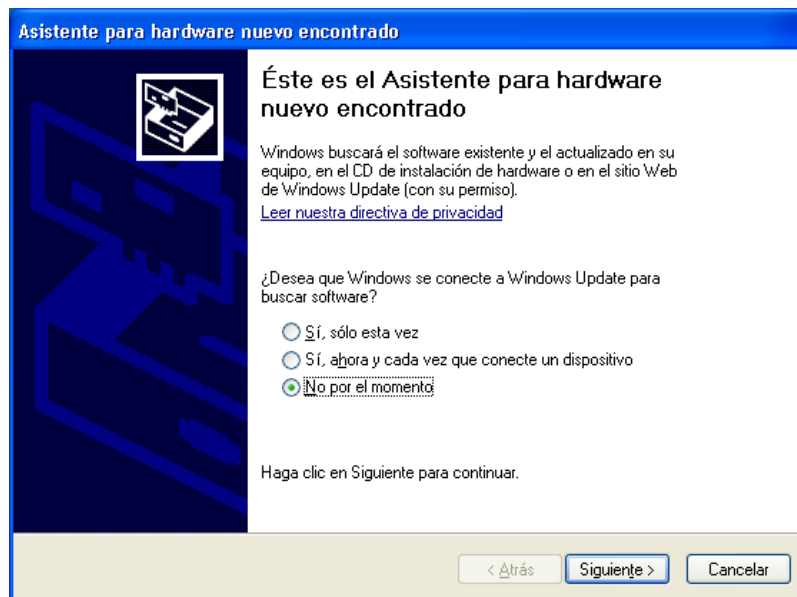
**Nota:**

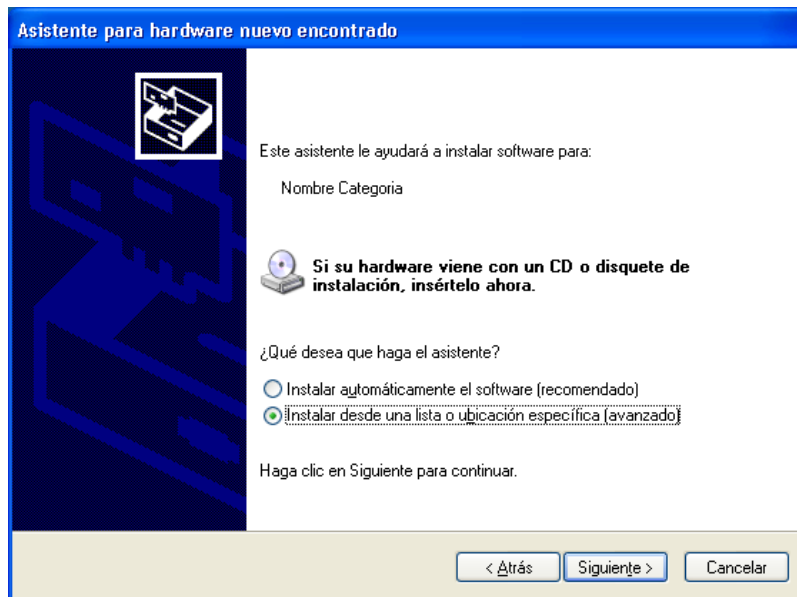
- Debes guardar el nuevo usb\_desc\_scope.h al directorio del proyecto a compilar.

3.- Al conectar el uC PIC al ordenador, se iniciará el proceso de detección de nuevo hardware.

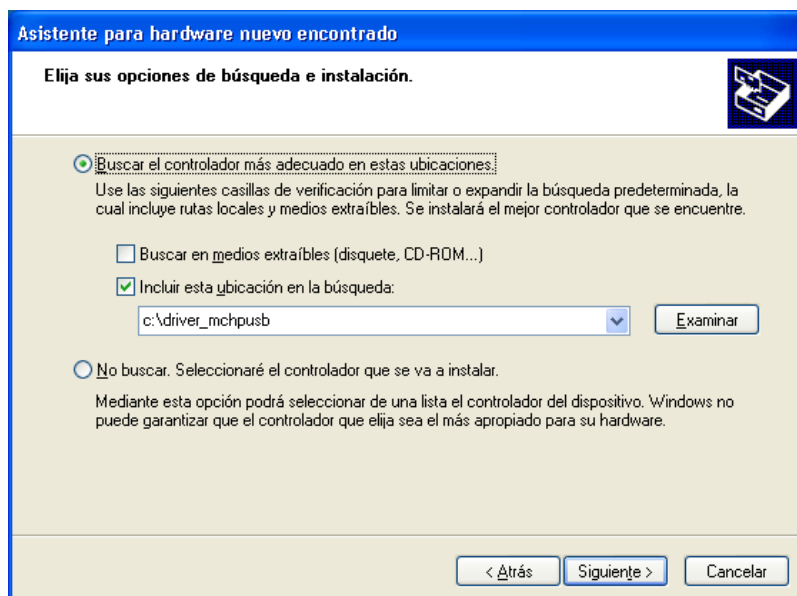


4.- Aparecerá una ventana como esta:

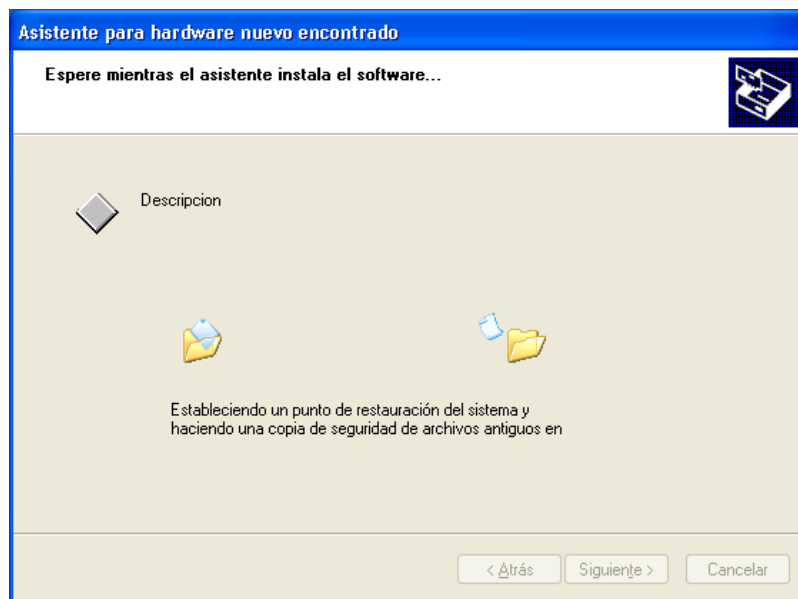




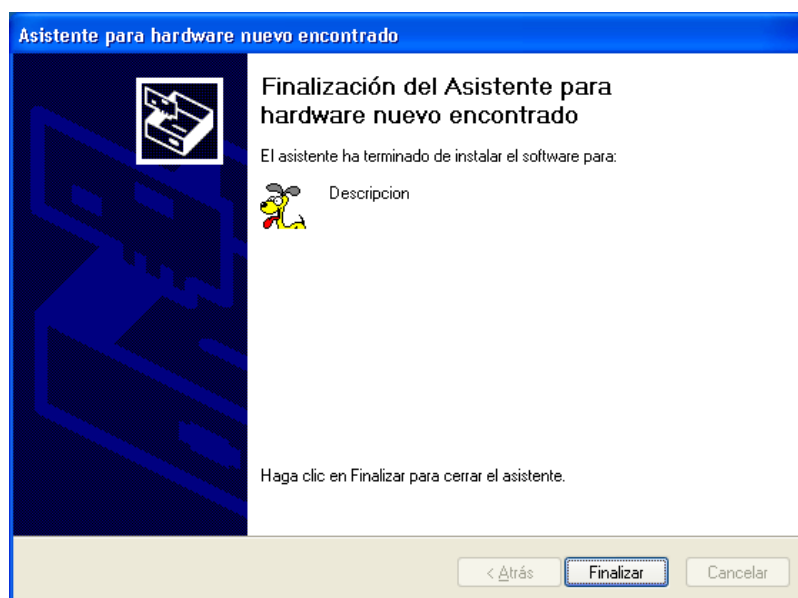
5.- Aparecerá otra ventana preguntando por el origen del driver, buscamos la ruta donde se encuentra el archivo **mchpubs.inf**



7.- Tecleamos en Siguiente y el ordenador comenzará el proceso de instalación y enumeración.

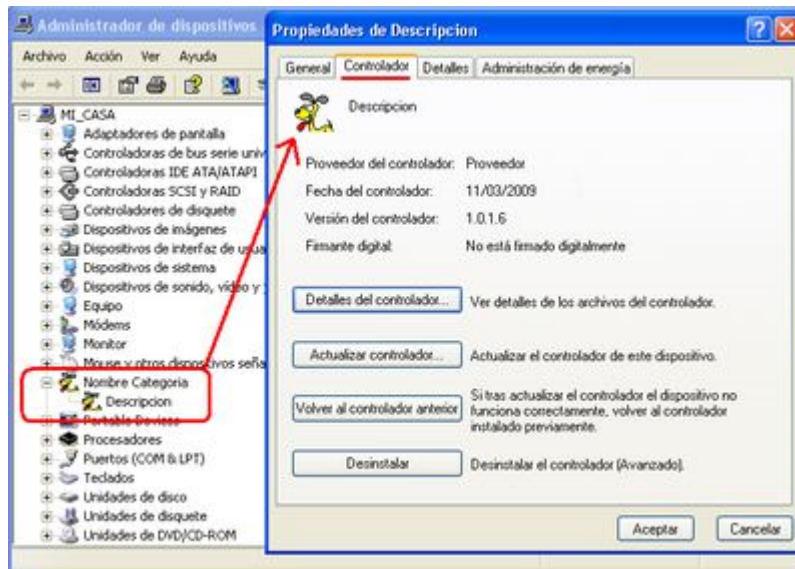
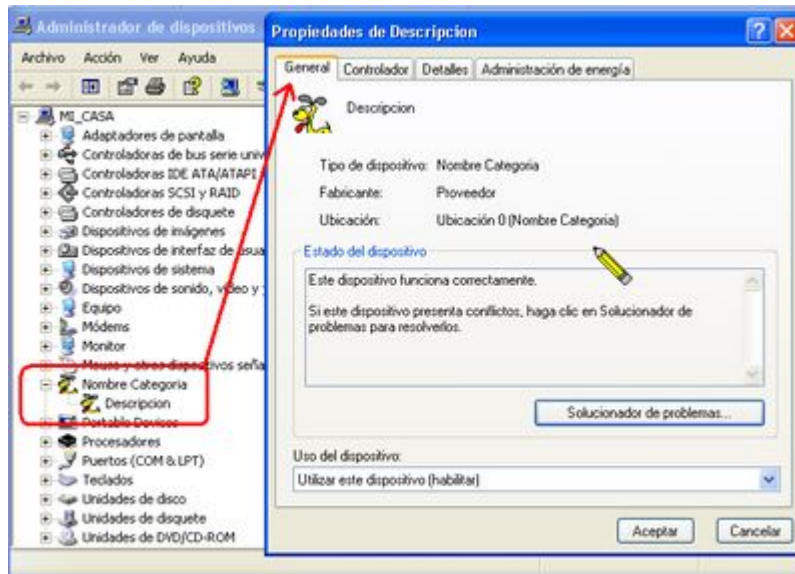


8.- Al terminar, saldrá una ventana como esta, diciéndonos que se configuró correctamente el nuevo hardware.



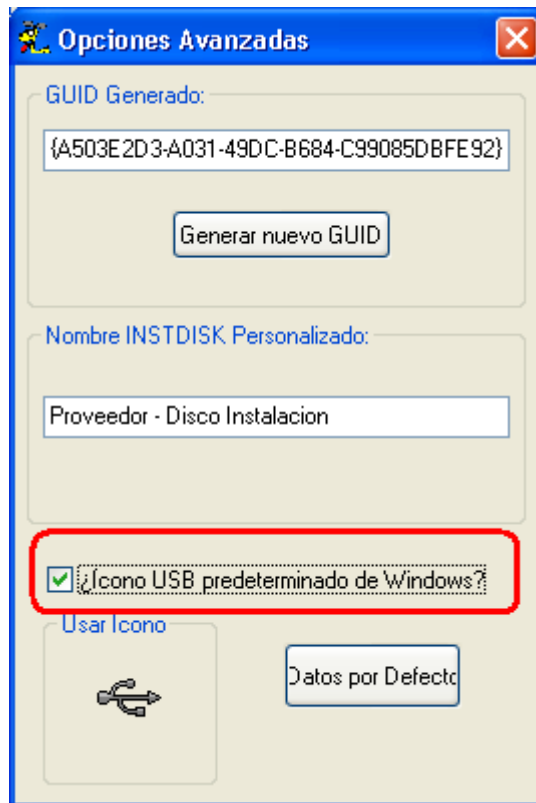
Si vamos al administrador de dispositivos, veremos que aparecerá nuestro uC PIC en la lista de hardware disponible en el ordenador.

Al clicar en la rama de nuestro uC PIC, veremos que nuestros personalizados están allí.

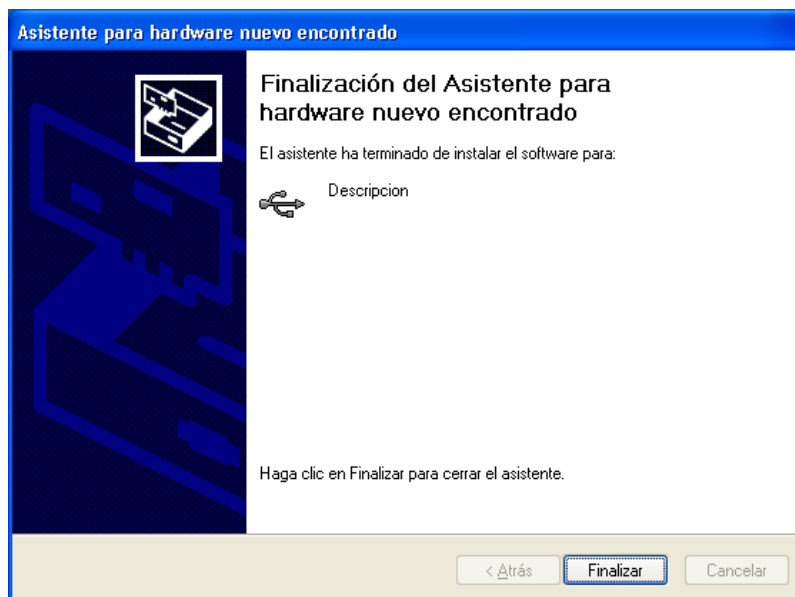


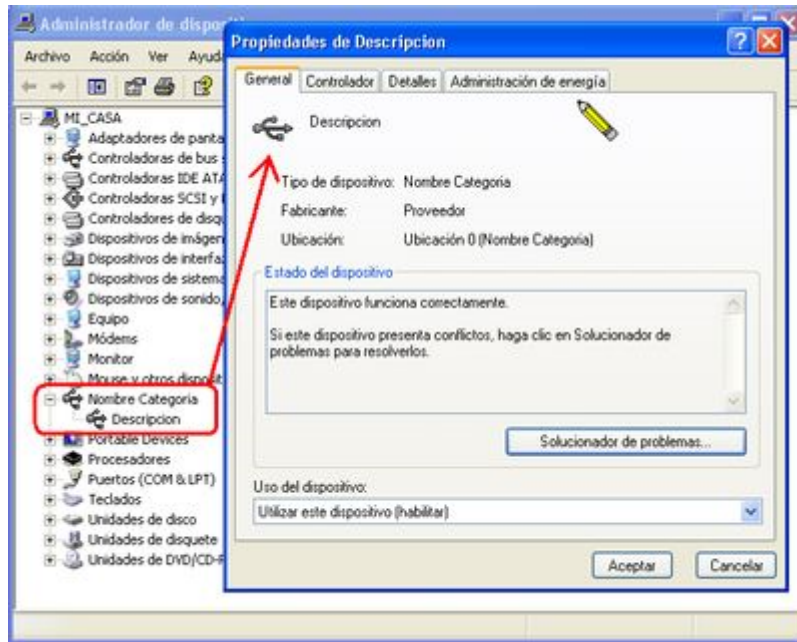
Para usar el **ícono predeterminado** del sistema en Windows XP, bastaría clicar en el checkbox de opciones avanzadas:





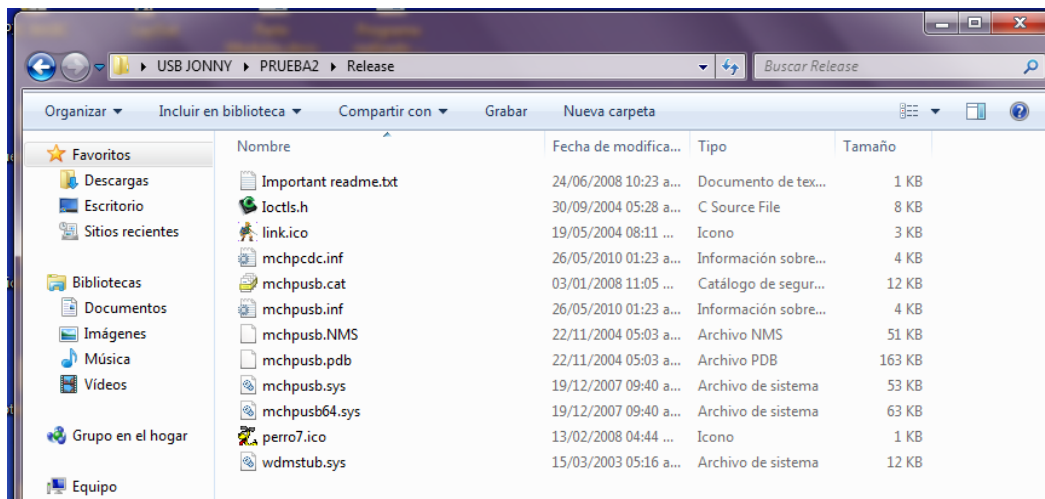
Aplicando los pasos anteriores, una vez instalado correctamente:





### Propiedades del device

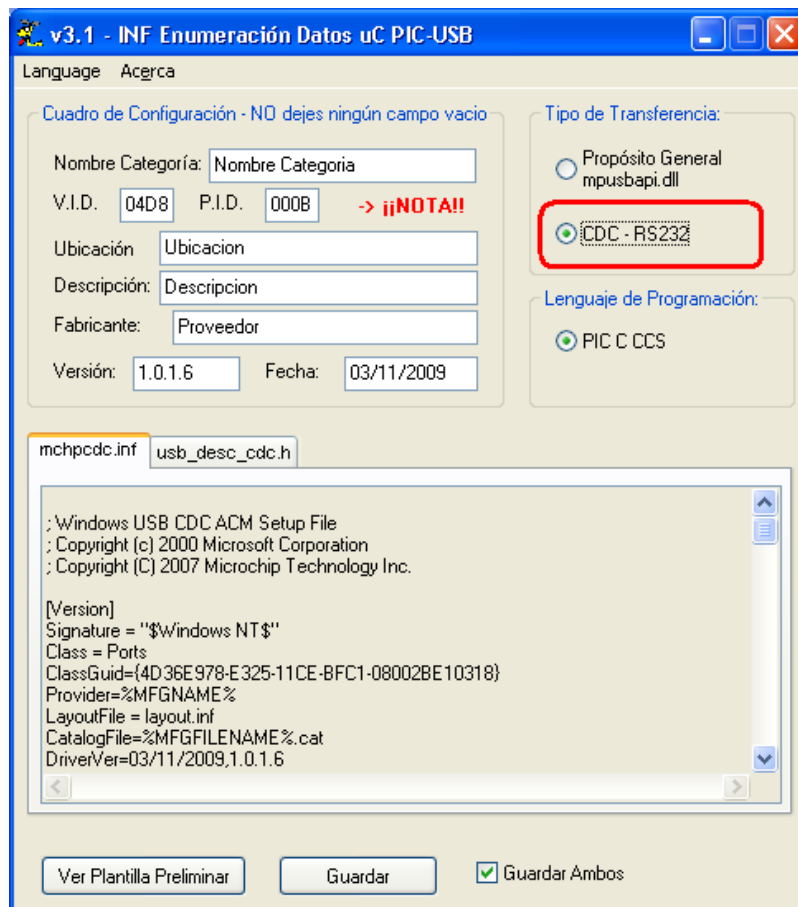
Dentro de la carpeta donde se ha guardado el .inf generado por el programa, es recomendable descargar los archivos mchpush64.sys, mchpush.sys, wdmstub.sys y el mchpush.cat y colocarlos en la misma carpeta, ya que estos hacen posible que el controlador sea instalado en un sistema que trabaje a 64 bits.



### Archivos del controlador

## Personalizando e instalando mchpcdc.inf

1.- El primer paso es introducir los datos personalizados en **INF Enumeración Datos uC PIC-USB**.



2.- Una vez creados y guardados los archivos respectivos **mchpcdc.inf** y **usb\_desc\_cdc.h** se procede a compilar el firmware y grabarlo en el microcontrolador uC PIC que posea módulo USB.

### Notas:

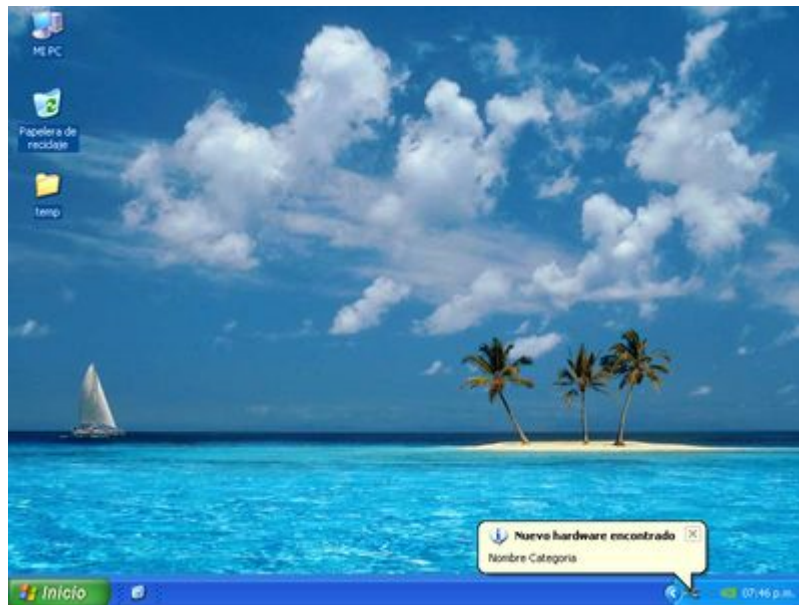
- En la carpeta donde guardó **mchpcdc.inf** debe estar mchpcdc.cat.
- Debe guardar el nuevo **usb\_desc\_cdc.h** al directorio del proyecto a compilar.
- Debe buscar el archivo **usb\_cdc.h** que se encuentra en ... \PICC\Drivers y copiarlo al directorio del proyecto a compilar, buscar esta línea:

```
#include <usb_desc_cdc.h> //USB Configuration and Device descriptors for this USB device
```

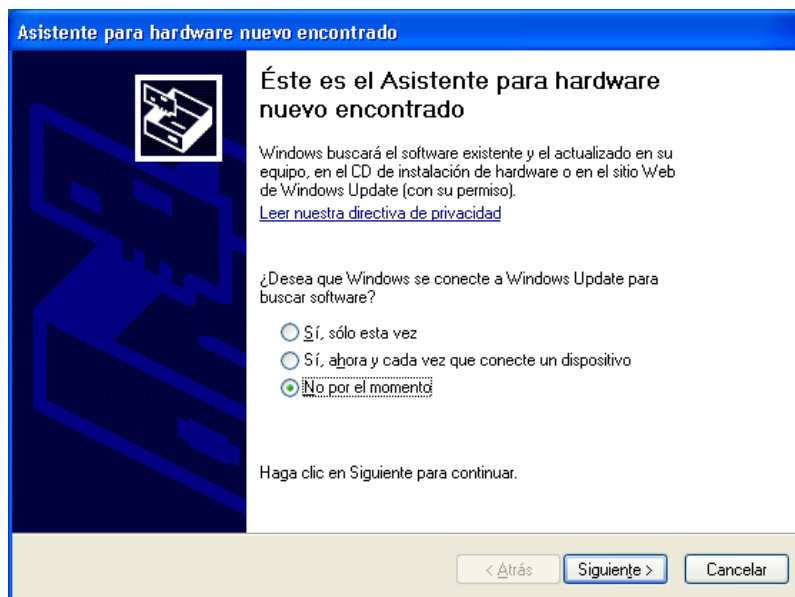
y cambiarla por esta línea:

```
#include "usb_desc_cdc.h" //USB Configuration and Device descriptors for this USB device
```

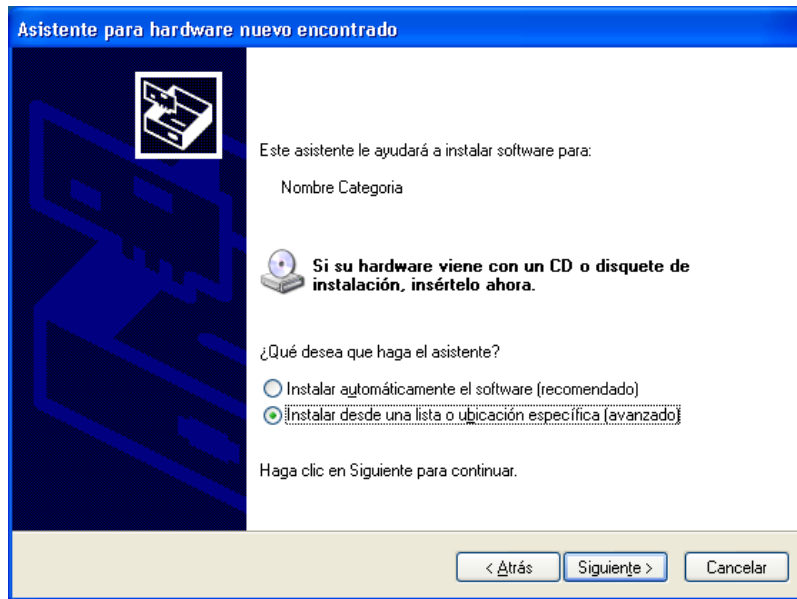
3.- Al conectar el uC PIC al ordenador, se iniciará el proceso de detección de nuevo hardware.



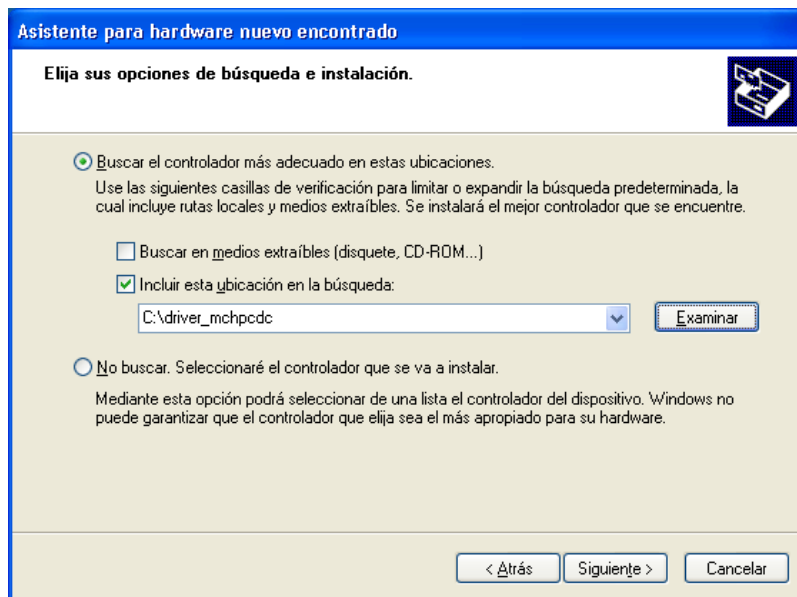
4.- Aparecerá una ventana como esta:



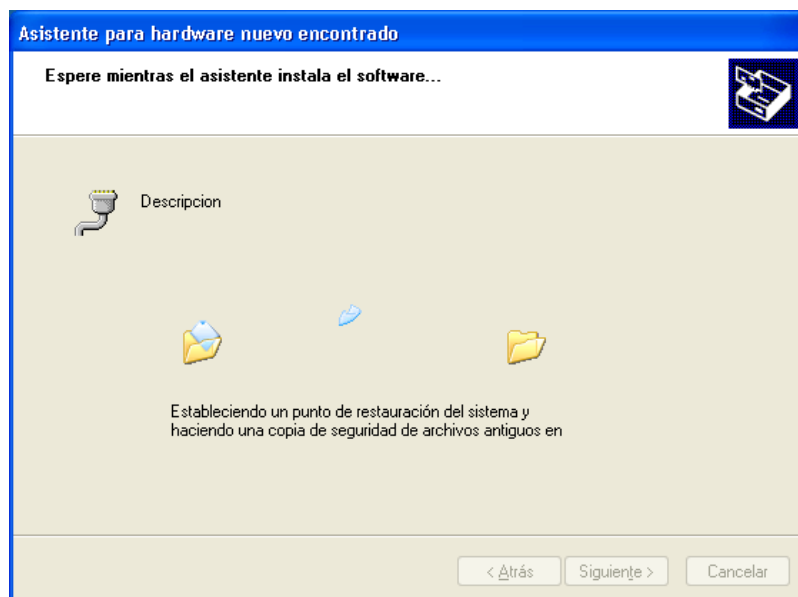
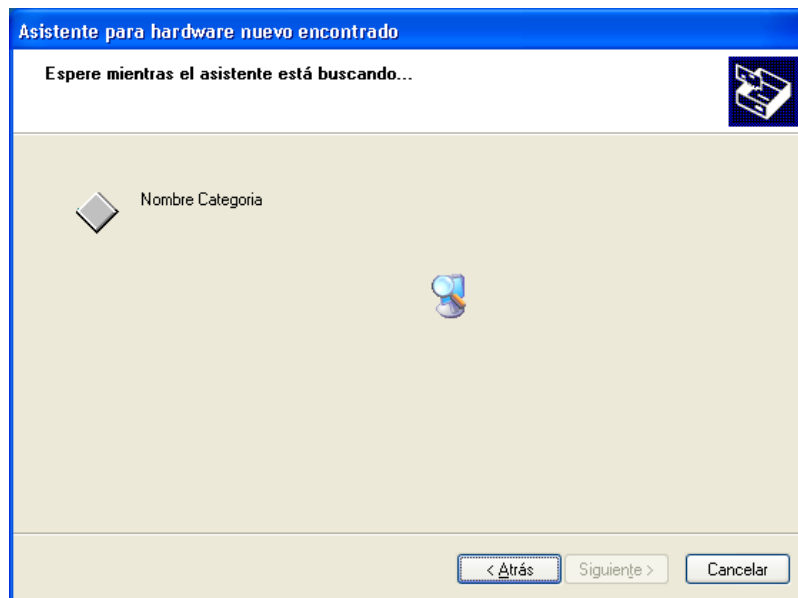
5.- Aparecerá otra ventana preguntando por el origen del driver.



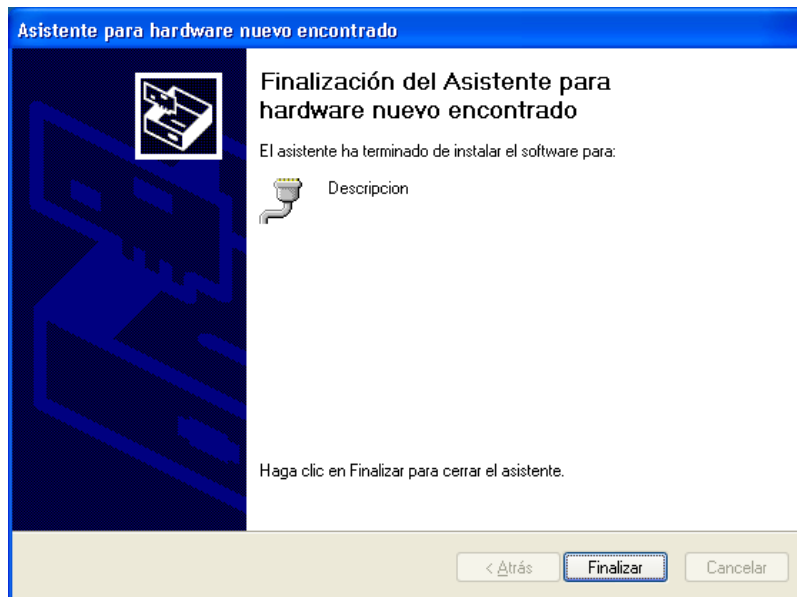
6.- Buscamos la ruta donde se encuentra el archivo **mchpcdc.inf**.



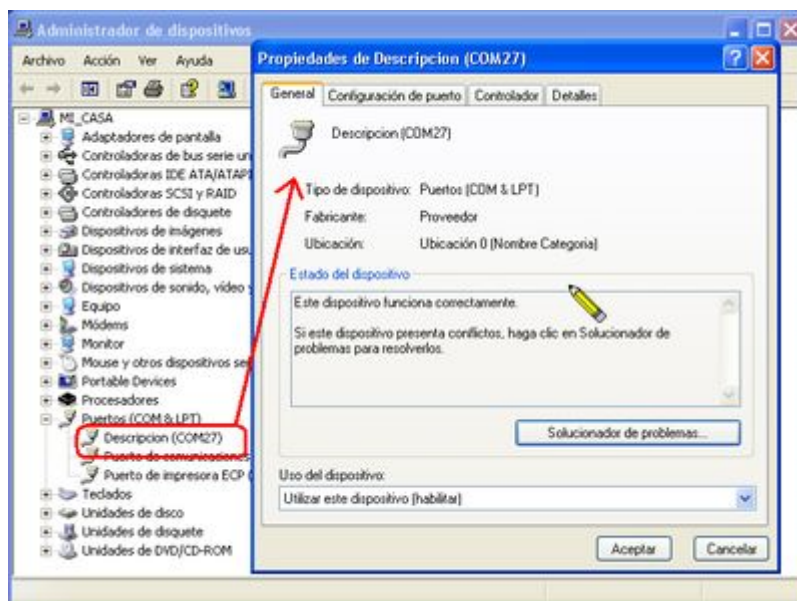
7.- Tecleamos en Siguiente y el ordenador comenzará el proceso de instalación y enumeración.



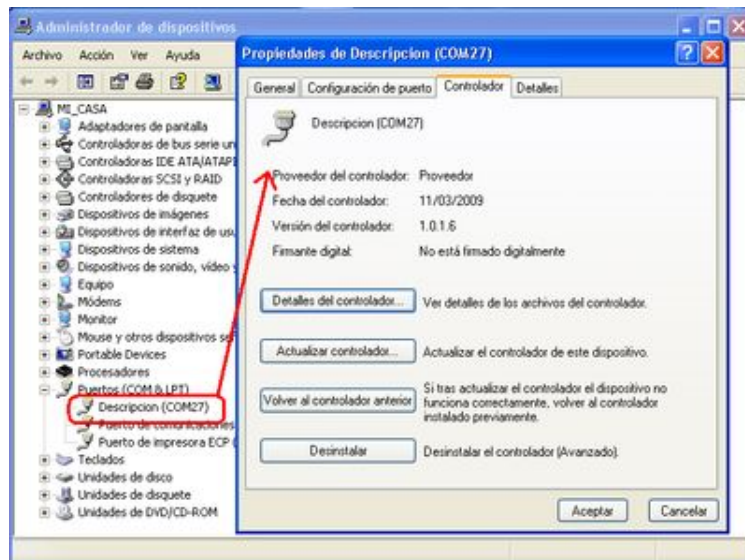
8.- Al terminar, saldrá una ventana como esta, diciéndonos que se configuró correctamente el nuevo hardware.



9.- Si vamos al administrador de dispositivos, veremos que aparecerá nuestro uC PIC en la lista de hardware disponibles en el ordenador.



11.- En la pestaña Controlador podemos ver el resto de los datos personalizados.



### Propiedades del device

De igual manera que el ejemplo anterior, para que el controlador sea instalado en un sistema a 64 bits es conveniente agregar los siguientes archivos de microchip en la carpeta de nuestro controlador, estos puedes ser descargados desde la misma página de Microchip.

### Autores Correspondientes

Los archivos:

- mchpub64.sys
- loctl.s.h
- mchpub.inf
- mchpub.sys
- mchpub.cat
  
- mchpcdc.cat
- mchpcdc.inf

Son propiedad de la empresa **Microchip**.

Los archivos:

- usb\_desc\_scope.h
- usb\_desc\_cdc.h
- usb\_cdc.h

Son propiedad de la empresa del **PIC C Compiler: Custom Computer Services (CCS)**.



### 3.8 PRUEBAS RF

Pruebas realizadas al la etapa de transmisión de datos por RF con una antena (cable UTP) de 9cm.

*Prueba 1: 20m con muros (dentro de un edificio) utilizando el sensor de temperatura lm35.*

*Al mandar el carácter (a) la PC realiza la lectura que le arroja el Pic.*

*Ordenador 1= PC*

*Ordenador 2= PIC18F4550.*

*DATO ANTERIOR / DATO ACTUAL*

*0.00000atemperatura=:0.00000*

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>24.35294atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>tura=:24.35294atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>atura=:24.35294atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>24.35294atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>24.35294atemperatura=:24.35294

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>24.35294atemperatura=:0.00000

***Prueba 2: a 15metrtros utilizando un la señal de un potenciómetro a diferentes posiciones.***

<Ordenador 2>24.35294atemperatura=:345.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>345.00000atemperatura=:353.11764

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>53.11764atemperatura=:202.94118

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>02.94118atemperatura=:202.94118

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>202.94118atemperatura=:202.94118

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>=:202.94118atemperatura=:202.94118

***Prueba 3: realizada a 30 m en campo abierto con la señal de un potenciómetro.***

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:146.11766

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>146.11766atemperatura=:146.11766

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>:146.11766atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:146.11766

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>146.11766atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:146.11766

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0. 146.11766atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

<Ordenador 2>0.00000atemperatura=:0.00000

<Ordenador 1>a

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las pruebas resultan que la transmisión desde la etapa de conversión analógica a digital a la pc fue exitosa y tal vez que por motivos de recepción a través de la antena los resultados arrojaban ceros en ocasiones por cierta interferencia. Pero los datos que llegaban siempre fueron los correctos.

## CONCLUSIÓN

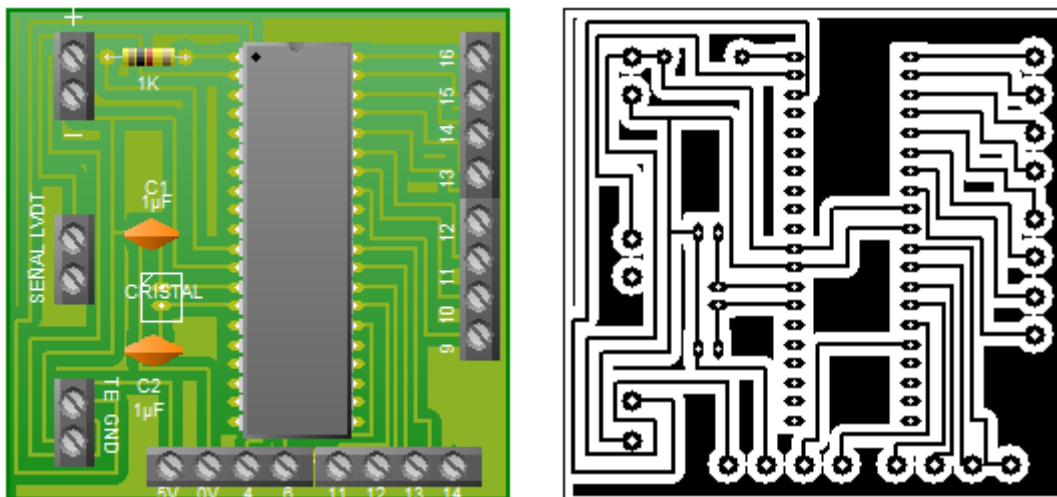
En las pruebas realizadas en la primera parte se observa que existe una baja calidad de la señal al principio, se fue colocando en varias posiciones el modulo receptor y luego de varios intentos fue realizando la lectura de los datos.

En un lugar cerrado la señal puede tener muchas interferencias y tener limitaciones. En las pruebas realizadas a campo libre se nota que la recepción de datos hubo problemas para captar la señal, solo alcanzo un máximo de 30 m y con algunos problemas de captación, para que la señal tenga un mayor alcance, es necesario que el tamaño el tipo de la antena a utilizar sea adecuada para realizar su máxima transmisión, en este caso se le coloco a los dispositivos emisor y receptor antenas de 9cm.

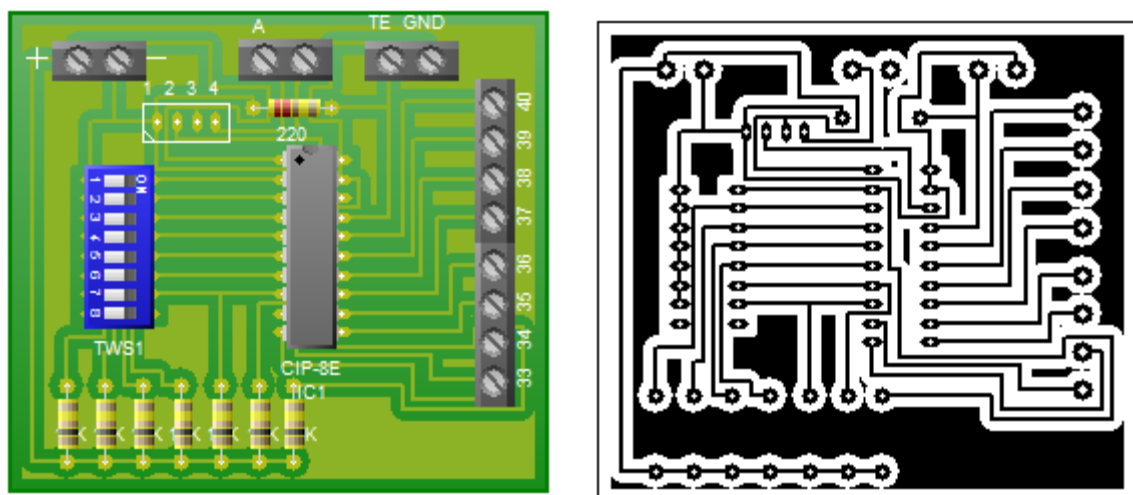
# 4 FUNDAMENTOS DE APOYO

## 4.1 ANEXOS

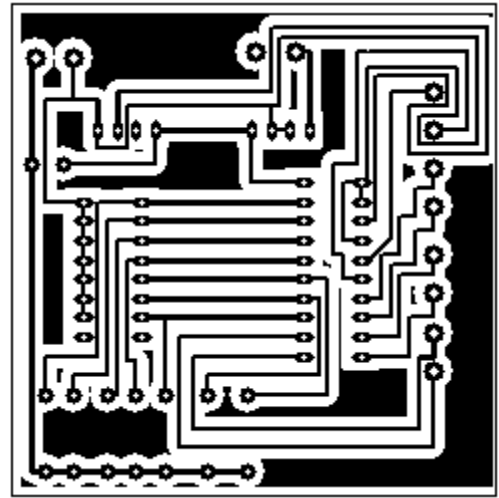
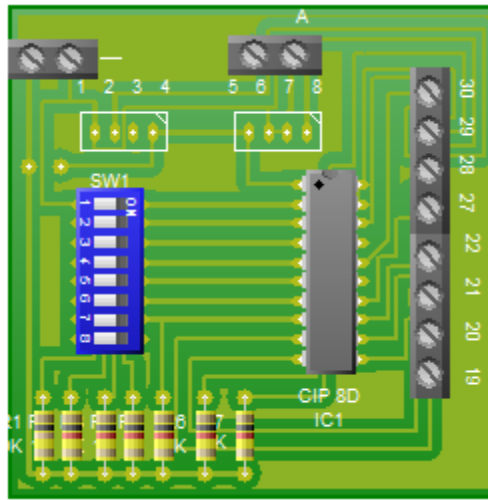
### DIAGRAMAS DE CIRCUITO IMPRESO



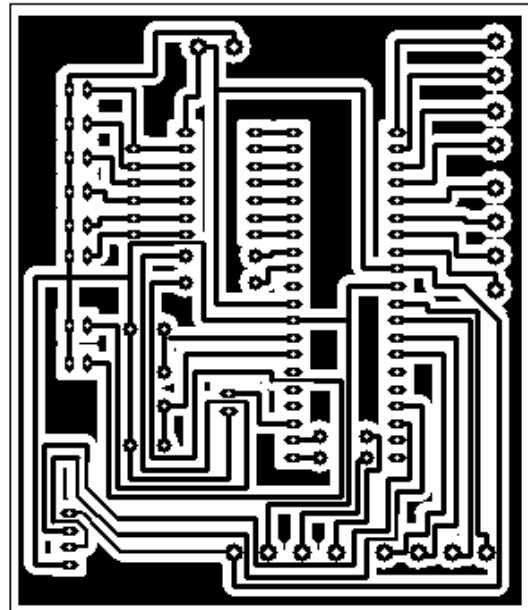
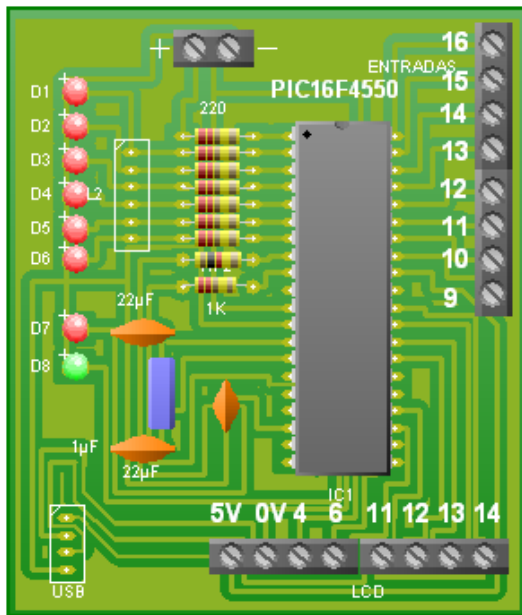
PCB Etapa de conversión (A/D) y muestreo



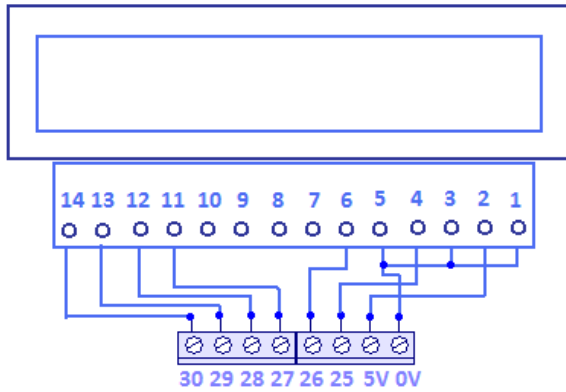
PCB Transmision de datos por RF



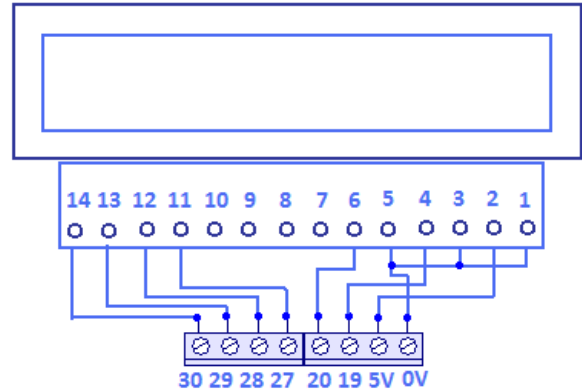
PCB Receptor de datos por FR



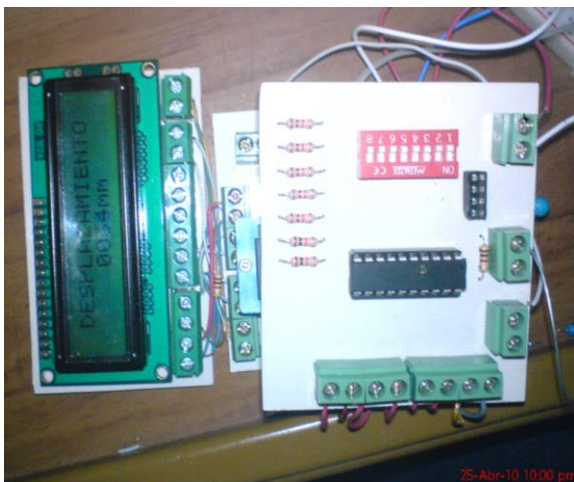
PCB Etapan de muestreo y coneccio USB a PC



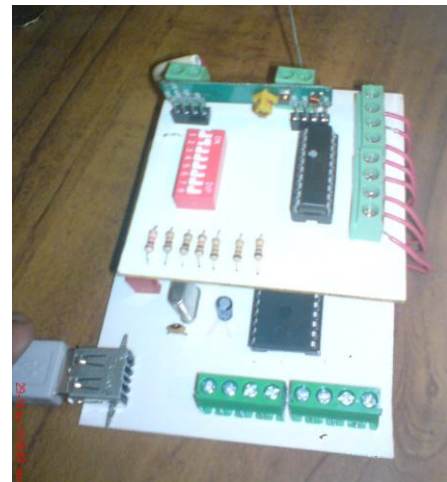
CONEXIÓN LCD 1



CONEXIÓN LCD 2



Módulos convertidor A/D y emisor RF



Modulo receptor e interfaz USB

# 5 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

## 5.1 CONCLUSIONES

Las investigaciones sobre la cámara triaxial en este reporte solo se dan de manera teórica, el desarrollo de la implementación física de los sistemas electrónicos serán aplicadas posteriormente para desarrollar pruebas y concluir realmente con los resultados esperados.

## 5.2 COMENTARIOS

(Rasgado Jiménez)

De esta manera se colabora a que las pruebas realizadas en el laboratorio para obtener los parámetros que definen a la muestra de suelo en la cámara triaxial sean más confiables y se puedan realizar en un menor tiempo, mediante la adquisición digital de los datos que arroja la cámara triaxial, se ahorra tiempo, se adquiere mayor precisión y fiabilidad en los datos, sumando a ello la ventaja de realizar la adquisición de manera inalámbrica. Es de gran ventaja y favorece tanto a los resultados como a las personas que realicen pruebas en ella.

## BIBLIOGRAFIA.

<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/triaxdrenM9.htm>

Mecánica de suelos y cimentaciones (Crespo Villalaz)

Mecánica de suelos (Juárez Badillo y Rico Rodríguez)

la ingeniería de suelos en las vías terrestres (Rico del Castillo)

<http://www.icabots.com/foro/index.php?topic=191.0;wap2>

<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=23135.0>

<http://www.youtube.com/watch?v=YKzaVtWuMhs>

<http://www.icabots.com/foro/index.php?topic=120.15>

<http://www.youtube.com/watch?v=9vEDy8ODKAY>

<http://html.rincondelvago.com/compresion-triaxial.html>